الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيـــا
قسم الهندسة الميكانيكيـــة
المرجع:.....

Mohamed Khider University-Biskra
Faculty of Science and Technology
Department of Mechanical Engineering
Ref:.....

مذكرة التخرج لنيل شهادة
الماستر
في الهندسة الميكانيكية
تخصص تصميم ميكانيكي وإنتاجية

عنوان المذكرة

دراسة أولية لأنظمة الدفع الصاروخية ذات الوقود الصلب

من إعداد :

عبد الحكيم عيساوي

تلقى على اللجنة يوم 06 جوان 2017

لجنة المناقشة:

➢ مبروك حسيني	أستاذ	رئيس اللجنة
➢ كمال أواس	أستاذ محاظر ب	الممتحن
➢ ميلود زلوف	أستاذ محاظر أ	المؤطر

السنة الدراسية:2017/2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيـــا
قسم الهندسة الميكانيكيـــة
المرجع:.....

Mohamed Khider University-Biskra
Faculty of Science and Technology
Department of Mechanical Engineering
Ref:.....

مذكرة التخرج لنيل شهادة
الماستر
في الهندسة الميكانيكية
تخصص تصميم ميكانيكي وإنتاجية

عنوان المذكرة

دراسة أولية لأنظمة الدفع الصاروخية ذات الوقود الصلب

من إعداد :

عبد الحكيم عيساوي

تلقى على اللجنة يوم 06 جوان 2017

لجنة المناقشة:

➢ مبروك حسيني	أستاذ	رئيس اللجنة
➢ كمال أواس	أستاذ محاظر ب	الممتحن
➢ ميلود زلوف	أستاذ محاظر أ	المؤطر

السنة الدراسية:2017/2016

بسم الله الرحمن الرحيم

الفهرس

الفهرس.....I

الاهداء.....V

كلمة شكر.....VI

قائمة الجداول.....VII

قائمة الاشكال.....VIII

قائمة الرموز.....XIII

المقدمة.....أ

توطئة.....ت

الفصل الاول : علم وتكنولوجيا الصواريخ من البدايات الأولى إلى العصر الحديث

1.1 ـ مقدمة.....1

2.1 ـ الصواريخ البدائية من قبل الميلاد الى غاية القرن السابع عشر.....2

3.1 ـ صواريخ الحرب من القرن السابع عشر الى غاية القرن التاسع عشر.....8

4.1 ـ الصواريخ الحديثة مطلع القرن العشرين 11

5.1 ـ خاتمة.....19

قائمة المراجع.....20

الفصل الثاني : الحالة الراهنة لعلم وتكنولوجيا الصواريخ

1.2 ـ مقدمة.....21

2.2 ـ البدايات، فترة مابين الحربين.....22

3.2 ـ التطويرات أثناء الحرب العالمية الثانية.....26

4.2 ـ فترة مابعد الحرب وسباق الحرب الباردة.....36

1.4.2 ـ عملية مشبك الورق.....36

2.4.2 ـ صواريخ الحرب الباردة و السباق لغزو الفضاء.....36

1.2.4.2 ـ التجارب الامريكية الفاشلة.....36

2.2.4.2 ـ التجارب السوفيتية الفاشلة.....39

3.2.4.2 ـ تفوق الاتحاد السوفياتي.....41

4.2.4.2 ـ عودة الولايات المتحدة الأمريكية إلى السباق.....43

3.4.2 ـ ما وراء القوى العظمى.....48

5.2 ـ خاتمة.....52

قائمة المراجع.....53

الفصل الثالث : محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب

1.3 ـ مقدمة 54

2.3- تعريف محركات الصواريخ ذات الوقود اصلب.....55

3.3-تعريف محركات الصواريخ ذات الوقود السائل.....55

4.3- تعريف محركات الصواريخ ذات الوقود المختلط "هايبريد'Hybrid"".....55

5.3-الصواريخ ذات الوقود الصلب.....56

6.3ـ مكونات محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب.....58

1.6.3ـ غلاف المحرك.....58

2.6.3ـ غرفة الاحتراق.....58

3.6.3ـ القادح.....58

4.6.3ـ العازل الحراري.....59

5.6.3ـ الوقود.....59

1.5.6.3ـ المكونات.....59

2.5.6.3ـ الاحتراق.....59
3.5.6.3ـ حبيبات الوقود 'أقراص الوقود الصلب'.....64
7.3ـ خاتمة.....67
قائمة المراجع.....68
الفصل الرابع : الصياغة الرياضية لانضمة الدفع الصاروخية
1.4 ـ مقدمة.....69
2.4 ـ الصيغة الرياضية لحركة الصاروخ.....70
3.4 ـ نظرية الفوهة.....72
1.3.4ـ التدفق داخل الفوهة.....73
2.3.4 ـ معاملات الجودة.....77
1.2.3.4 ـ الدفع.....77
2.2.3.4 ـ معامل الدفع.....78
3.2.3.4 ـ مميزات سرعة تدفق الغازات.....78
4.2.3.4 ـ النبض.....79
5.2.3.4 ـ الضغط داخل غرفة الاحتراق.....80
4.4ـ التصحيحات.....81
1.4.4ـ تصحيحات اطوار التدفق.....81
2.4.4ـ تصحيحات الفوهة الحقيقية.....84
5.4 ـ خاتمة.....86
قائمة المراجع 87
الفصل الخامس : النمذجة والمحاكات الرقمية (دراسة حالة)
1.5 ـ مقدمة.....88

2.5 ـ التطبيق العددي.....89
3.5 ـ التصميم الهندسي لمحرك الصاروخ ذو الوقود الصلب.....97
4.5 ـ المحاكات الرقمية 102
1.4.5 ـ المحاكات الرقمية للفوهة1ـ.....102
1.1.4.5 ـ طريقة المحاكات.....102
2.1.4.5 ـ نتائج المحاكات.....103
3.1.4.5 ـ مقارنة النتائج.....105
2.4.5 ـ المحاكات الرقمية للفوهتين.....106
1.2.4.5 ـ الضغط.....106
2.2.4.5 ـ سرعة تدفق الغازات.....107
5.5 ـ خاتمة.....109
الخاتمة.....110
قائمة المراجع.....111
الملاحق.....112

الإهداء

أهدي هذا الانجاز إلى كل من أبي "رحمه الله وأسكنه فسيح جناته" وأمي الغالية وإخوتي وأخواتي وأبنائهم وجميع عائلة عيساوي، والى جميع اصدقائي الاعزاء اصدقائي الاعزاء دون استثناء اي واحد منهم، والى كل من اعرفه.

كلمة شكر

أشكر جميع من ساهم في إعطاء معلومة أو مد يد المساعدة أو قدم نصيحة لإنجاز هذا البحث المتواضع، أتقدم أولا بشكري إلى عائلتي وأتقدم كذلك بجزيل الشكر إلى الأستاذ "عبد القادر خراط " و رئيس قسم الهندسة الميكانيكية " كمال أواس" وجميع أساتذة الهندسة الميكانيكية بجامعة محمد خيضر-بسكرة. وشكر خاص إلى أستاذي الكريم "ميلود زلوف" الذي سهر على إعطائنا جميع المعلومات صغيرة كانت أم كبيرة. ولا ننسى بشكر أصدقائي الأعزاء، واشكر زميلي "حسام جهارة "و زميلتي "هالة مسرحي"، على تعاونهم معي.

قائمة الجداول

الجدول 1.5: يمثل قيم النسبة *A/A بدلالة عدد ماخ M.....92

الجدول 2.5: يمثل قيم النسبة لكل من الحرارة والضغط والكثاف بدلالة عدد ماخ 95

قائمة الاشكال

الشكل – 01 اللوثري البولندي كازيميرز.....ت

الشكل– 02: صاروخ متعدد المراحل لـ" كازيمير سيمينوفيتش".....ث

الشكل– 03 مقال صناعة القذائف لـ "روبرت اندرسون".....ث

الشكل – 04: تمثال ثلاثي القوائم امام مركز تجاري بلندن.....ث

الشكل– 05: كتاب حرب العوالم 1898 لـ "ش. ج. ويلس".....ث

الشكل – 06: بعض تصاميم الصواريخ لـ " تسيلكوفسكي".....ج

الشكل – 07: "ر. جودارد" أمام أحد تصاميمه الصاروخية.....ح

الشكل – 08: الصاروخ الألماني "فاو 2".....ح

الشكل – 09: الصاروخ الأمريكي "الحجر الأحمر".....ح

الشكل – 10: الصاروخ السوفييتي "آر 1".....خ

الشكل – 11: الصاروخ السوفييتي "آر 5".....د

الشكل – 12: القمر الصناعي السوفييتي "سبوتنيك 1" يصعد إلى الفضاء .....د

الشكل – 13: الكلبة المحظوظة "لايكا" أول كائن حي .....د

الشكل – 14: "باز ألدرين" رفقة "نيل أرميسترونج" أول إنسان يطأ سطح القمر.....د

الشكل 1.1: رسم لأليبيل لبطل الإسكندرية.....2

الشكل 2.1: رسم جانبي للأليبيل.....2

الشكل 3.1: رسم توضيحي لتجربة "وان هوو".....3

الشكل 4.1:رسم توضيحي يمثل جندي صيني يقوم بإشعال السهم الناري.....3

الشكل 5.1: رسم توضيحي لطوربيد حسن الرماح.....4

الشكل 6.1: صورة لمخترع الطابعة غوتنبرغ.....5

الشكل 7.1: صورة للمطبعة الأولى في العالم مطبعة غوتنبرغ.....6

الشكل 8.1: لوحة للحسن جلبي وهو راكب الصاروخ.....7

الشكل 9.1 : لوحة تمثل الصاروخ المتعدد المراحل لكازيميرز،Siemenowiczmulti-stage

Artilleriae pars prima. rocket, fromhis ArtisMagnae مع رسم يوضح الصاروخ المتعدد المراحل.....8

الشكل 10.1: لوحة للجيش البريطاني يقصف بوابل من الصواريخ الهندية.....9

الشكل 11.1: لوحة توضح قصف مقر نابليون بالصواريخ الحارقة من البريطانيين.....10

الشكل 12.1: لوحة توضح منع القوات الفرنسية لي روجيري من إطلاق الصبى.....11

الشكل 13.1: صورة للعالم والمربي كونستانتين تسيولكوفسكي(1857ـ1935).....11

الشكل 14.1: صورة لصواريخ العالم كونستانتين تسيولكوفسكي.....12

الشكل 15.1: صورة للبروفيسور روبرت غودارد وأول صاروخ يعمل بالوقود السائل في العالم،

والذي أطلق بنجاح في حقل نيو انغلاند المجمد في 16 مارس 1926.....14

الشكل 16.1: صورة للبروفيسور غودارد وزملاؤه يحملون الصاروخ المستخدم في

رحلة 19 أبريل 1932.....15

الشكل 17.1: صورة للبروفيسور هيرمان أوبيرث.....16

الشكل 18.1: صورة لبراون في وكالة ناسا للفضاء الامريكية "NASA".....17

الشكل 19.1: كرونولوجيا لجرد أهم علماء الصواريخ في القرن العشرين.....18

الشكل 1.2: زيارة هتلر لمحطة كومرزدورف التجريبية.....27

الشكل 2.2: صورة لي محرك الفاو-2 (V-2) في انفاق محطة التصنيع بينموند.....28

الشكل 3.2: رسم توضيحي لمكونات الصاروخ فاو1.....29

الشكل 4.2: صورة لتجهيز الصاروخ فاو2 بالوقود (اثناء ح. ع. 2).....30

الشكل 5.2: صورة توضيحية لتدفق الغازات داخل غرفة الاحتراق.....31

الشكل 6.2: صورة لمحرك الفاو2.....32

الشكل 7.2: مقطع لغرفة الاحتراق لابراز ازدواجية الجدار'.....33

الشكل 8.2: المخطط الأصلي لغرفة الاحتراق الفاو2.....33

الشكل 9.2: صورة لنقل الصاروخ فاو2 بالقطار.....34

الشكل 10.2: صورة لنقل الصاروخ فاو2 بالشاحنة.....35

الشكل 11.2: التجربة الأولى الفاشلة للصاروخ المعدل الفاو2.....37

الشكل 12.2: تجربة نموذج Bumper–WAC.....38

الشكل 13.2.: صورة لـ R-2.....40

الشكل 14.2.: رسم توضيحي لعائلة R-7.....42

الشكل 15.2.: انفجار الصاروخ جونو 1 وهو على منصة الإطلاق 8 نوفمبر 1957.....43

الشكل 16.2.:صورة لصاروخ اطلس عند الاقلاع.....45

الشكل 17.2.: صورة لصاروخ تيتان.....46

الشكل 18.2.: صاروخ تيتان 3.....47

الشكل 19.2.: صورة لقاعدة الصاروخ زحل 5.....47

الشكل 20.2.: صورة لقاعدة حماقير بالقرب من بشار.....50

الشكل 1.3: صورة للصواريخ الاكثر استعمالا.....56

الشكل 2.3: رسم توضيحي لمكونات محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب.....57

الشكل 3.3: العلاقة بين الحرارة المحسوبة نظريا والحرارة المقاسة تجريبيا.....61

الشكل 4.3: تغير درجة الحرارة الداخلية بدلالة نسبة المؤكسد الى المختزل.....62

الشكل 5.3: يوضح الاشكال الاكثر شيوعا التى يتخذها الوقود الصلب.....64

الشكل 6.3: رسم توضيحي للوقود الصلب.....64

الشكل 7.3: مختلف اشكال القوالب وشدة الدفع التى تنتجها بدلالة الزمن.....65

الشكل 8.3: الشكل المعدل للوقود الصلب الذي يستعمل عادة في محركات الصاروخ.....65

الشكل 1.4: شكل تخطيطي لصاروخ و القوى المؤثرة.....71

الشكل 2.4: تغير نسبة A/A* بدلالة عدد ماخ اثناء تدفق الغاز عبر الفوهة عند K=1.4.....75

الشكل 3.4: تغير الكثافة ρ والضغط P و الحرارة T عبر فوهة محرك الصاروخ.....76

الشكل 4.4: توزع الضغط داخل جدار غرفة الاحتراق والفوهة بحيث ينخفظ الضغط تدريجيا عند

خروجه من الفوهة ليقارب قيمة الضغط الخارجي.....77

الشكل 5.4: المساحة تحت الخط البياني تمثل شدة النبض الكلي للمحرك.....79

الشكل 1.5 (أ): رمز البرنامج أنسيس النسخة 14.5.....88

الشكل 2.5 (ب): رمز البرنامج سوليد واركس النسخة 2014.....88

الشكل 3.5: يوضح كل من الاقطار الداخلية والخارجية والعنق.....89

الشكل 4.5: رسم يمثل اتجاه التيار داخل الفوهة.....90

الشكل 5.5: صورة لواجهة البرنامج "OriginPro".....93

الشكل 6.5: منحنى بياني يوضح تغير النسبة A/A* بدلالة عدد ماخ M.....93

الشكل 7.5: منحنى بياني يوضح تغير النسبة لكل من الحرارة والضغط والكثافة بدلالة عدد ماخ 96

الشكلين 8.5: يمثلان الاجزاء الرابطة المصنوعة من البلاستيك.....97

الشكل 9.5: يمثل كل من الوقود الصلب والقالب الذي يوضع فيه.....98

الشكلين 10.5: يمثل العازل الحراري للمحرك.....98

الشكلين 11.5: يمثلان فوهة المحرك صورة كاملة واخرى مقطع.....99

الشكل 12.5: يمثل المنظور الايمن للفوهة.....99

الشكل 13.5: يمثل القطعة التى تغلق الصاروخ من الجهة المقابلة للفوهة.....100

الشكل 14.5: يمثل القادح.....100

الشكل 15.5: يمثل عملية تجميع اجزاء محرك AMSEC-100.....101

الشكل 16.5: يمثل محرك AMSEC-100.....101

الشكل 17.5: يمثل المقطع العرضي للمحرك AMSEC-100.....101

الشكل 18.5: يمثل أرضية الانسيس.....102

الشكل 19.5: تقسيم الفوهة او انشاء الشبكة الحسابية.....103

الشكل 20.5: صورة من الانسيس تمثل نتائج الضغط على الفوهة1ـ 103

الشكل 21.5 : صورة ملونة من الانسيس تمثل نتائج سرعة تدفق الغازات على الفوهة1ـ.....104

الشكل 22.5: صورة مكونة من الالياف لإضهار نتائج سرعة تدفق الغازات على الفوهة1ـ.....104

الشكل 23.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز المناطق التى تحت الضغط في الفوهة1ـ 106

الشكل 24.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز المناطق التى تحت الضغط في الفوهة AMSEC-100.....107

الشكل 25.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز سرعة تدفق الغازات في الفوهة1ـ.....107

الشكل 26.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز سرعة تدفق الغازات في الفوهة AMSEC-100 108

قائمة الرموز

معامل سرعة الاحتراق..... a

سرعة الصوت..... ā

المساحة..... A_b

حرارة التفاعل الداخلي..... AFT

مساحة عنق الفوهة..... A*

سرعة الخروج الفعلية..... c

معامل الدفع..... C_f

الحرارة الخاصة عند ضغط ثابت..... C_p

الحرارة الخاصة للوقود الصلب..... C_s

الحرارة الخاصة عند حجم ثابت..... C_v

خاصية السرعة..... CV

القطر الداخلي لقالب الوقود الصلب..... D_i

القطر الخارجي لقالب الوقود الصلب..... D_o

معامل جودة التحول الطاقي..... e

كتلة التناقص..... f

الدفع..... F

تسارع الجاذبية..... g

الانثالبية..... h

انثالبية التكون..... h^o_f

النبض الكلي..... I

النبض الخاص..... I_{sp}

معدل الحرارات الخاصة..... k

طول القالب..... L

معدل تدفق الكتلة..... m‘

معدل تدفق الغاز..... m‘g

معدل تدفق كتلة الجيسمات..... m‘s

عدد ماخ..... M

الوزن الجزيئي..... M‘

القيمة الاسية لمعدل الاحتراق..... n

مختزل/مؤكسد..... O/F

الضغط..... P

الضغط الجوي..... P_a

ضغط الخروج من الفوهة..... P_e

ضغط الركود..... P_o

الثابتة المولية للغازات..... R

الثابتة العالمية للغازات..... R‘

الزمن..... t

مدة الاحتراق..... t_b

حرارة الركود..... T_o

السرعة..... v

سرعة الخروج من الفوهة..... v_e

سرعة الغاز..... v_g

سرعة الجسيمات..... v_s

حجم غرفة الاحتراق..... v_c

الكتلة الناقصة من الجسيمات..... X

زاوية التقعر او التحدب..... α

معامل التفرغ..... ζ_d

معامل السرعة..... ζ_v

الكثافة..... ρ

كثافة الغاز..... ρ_g

كثافة الوقود الصلب..... ρ_p

كثافة الركود..... ρ_o

ميكرومتر..... μ

المقدمة

لقد توالت الاكتشافات والاختراعات في تاريخ البشرية، فكان في كل عصرٍ تظهر بعض التغيرات التي توجه نظرة الإنسان واهتمامه إلى شأنٍ معيّنٍ دون غيره، وكان الفضاء واستكشافه من الأمور المحيرة والغامضة له في العصور القديمة، فنظر إلى الطيور التي تطير وحاول تقليدها، واعتبر "عباس بن فرناس"[1] الرائد في هذا المجال بمحاولة طيرانه عدة مرات، شكلت هذه المحاولات المنعرج الأوضح في تاريخ اختراعات عظيمة ودراسات جمة في هذا المجال، كما أنّ الإنسان لجأ إلى إطلاق المقذوفات في الجو قبل اللجوء إلى محاولة الطيران، فاستطاع الوصول إلى الصواريخ لاحقاً بعد عدة جهود وبعد مرور أزمنة من تداول الفكرة من قبل عدة علماء من مختلف الجنسيات، وكان الوصول لهذه الاختراعات بفضل اكتشاف مادة البارود ، والحقيقة فان المؤرخين مختلفين حول أحقية اختراع البارود والمواد المتفجرة فهنالك من يعيد الفضل إلى أسبقية اختراعها العلماء الطبيعة في أوج الحضارة العربية الإسلامية على سبيل المثال هنالك حسن الرماح الذي كان أول من وصف البارود والأدوات العسكرية، وقدم وصفا علميا مفصلا حول المواد المتفجرة ، فيما ينسبه البعض إلى الكيميائي الانجليزي "روجر بيكو ن"[2] أو الألماني "بريثولد شفارتز"[3] وهنالك من نسبه إلى علماء اليونان وكذا الهندوس، التفسير الوحيد لهذا الاختلاف هو اختراع البارود في فترات متقاربة وأماكن مختلفة من العالم، فالأمر الوحيد المتفق عليه هو أن الصينين هم أول من استعملوا الكرة المتدحرجة والأسهم النارية ، و هو الأمر الذي يرجح أن أصل اختراع الصواريخ صيني، توصل العلم الحديث إلى اختراعات عظيمة حول ماهية الصواريخ وتعددت استعمالاتها فهنالك الصواريخ العسكرية وأخرى للرحلات الفضائية وأخرى للدراسات العلمية و طبعا كل منها لها خصائصها ومميزتها ، بفضل الصواريخ تم اكتشاف الفضاء وارتياده من طرف الإنسان وكذا إرسال الأقمار الصناعية التي ربطت العالم بعضه ببعض ليصبح قرية صغيرة في فضاء واحد معولم، الأمر الذي كان حلما وأصبح واقعا اليوم بفضل هذا الفرع من العلوم.

من المكونات الأساسية للمحركات الصاروخية فوهة دي لافال والتى تقوم بتسريع خروج الغازات. سنختص في هذه المذكرة بدراسة شاملة عن الأجزاء الأخرى لمحرك الصاروخ، وبدراسة معمقة على عمل الفوهة، حيث تتضمن هذه المذكر خمسة فصول، الفصل الأول تحت عنوان كرونولوجيا علم وتكنولوجيا الصواريخ من البدايات اللاولى إلى العصر الحديث. حيث تم ذكر الأفكار الأولى والأشكال البسيطة للصواريخ والعلماء الذين طوروا في هذه التكنولوجيا. أما الفصل الثاني بعنوان الحالة الراهنة لعلم وتكنولوجيا الصواريخ خصص هذا الفصل لدراسة حول منطلق تكنولوجيا الصواريخ وهو الصاروخ الألماني "الانتقام2" أي "الفاو2" والتطورات التى تمت عليه إلى غاية الصواريخ الحديث. والفصل الثالث محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب حيث تم ذكر جميع أجزاء محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب مع شرح كل واحدة منها الوظيفة التى تؤديها. الفصل الرابع الصياغة الرياضية لأنظمة الدفع الصاروخية حيث تم ذكر القوانين الحاكمة لمحركات الصواريخ ذات الوقود الصلب. وأم الفصل الخامس قمنا بتصميم محرك الصاروخ AMSEC-100 الخاص بالنادي AMSEC(**) الذي سنشارك به في "المسابقة الجزائرية للطيران ما بين الجامعات في الهندسة الميكانيكية" حيث تمثل هذه المسابقة الأولى في طبعتها 2017/2016 تحت عنوان "دراسة وتصميم لصاروخ المسابقات مع نظام استرجاع".

توطئة

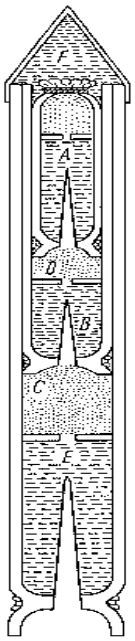
مقدمة تاريخية حول الصواريخ و القذائف البالستية

تعود بداية عصر الفضاء إلى أواخر الخمسينات من القرن العشرين، لكن تاريخ الصواريخ ذاتها أقدم من ذلك بكثير، في الحقيقة فإن المؤرخين مختلفين حول أحقية اختراع البارود والمواد المتفجرة، فهنالك من يعيد الفضل في أسبقية اختراعها إلى علماء الطبيعة في أوج الحضارة العربية الإسلامية[4]، فيما ينسبه البعض إلى الخيميائي الانجليزي "روجر بيكون" أو الألماني "برثولد شفارتز" ، و هنالك من ذهب بعيدا في نسبته إلى علماء اليونان و كذا الهندوس. ربما الأمر الوحيد المتفق عليه أن الصينيين هم أول من أستعمل الكرة المتدحرجة (ball rolling) ،و هو الامر الذي يرجح ان الصواريخ اختراع صيني، هذا الاختلاف ربما يفسر كون اختراع البارود الأسود تم بشكل مستقل و في فترات متقاربة وفي أماكن مختلفة من العالم [1] [2].

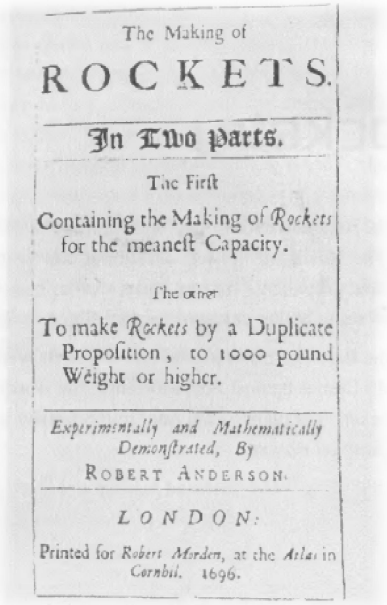
الشكل – 01 اللوثري البولندي كازيميرز

إجمالا يمكن القول وفقا للتاريخ المعتمد أن الصينيين استعملوا البارود الأسود (珠茶) "ينيين زهو شا ـ pinyin:zhū chá" (Gunpowder tea) بداية من القرن التاسع، و بحلول القرن الحادي عشر استعمل في إطلاق سهام النار (fire arrows) و قذائف المنجنيق (rockets from catapuls) و أشكال مختلفة من المقذوفات التي يستعمل فيها البارود الأسود. من الناحية التوثيقية فإن أول كتاب تناول صناعة الصواريخ نشر من طرف اللوثري البولندي"كازيميرز سيمونوفيتش[5]" بعنوان (Artis magnae artilleriae) أي "التاريخ الكامل للمدافع" هذا الكتاب بما احتواه لا يضاهى بما عداه من الكتابات المعاصرة له فيما يسمى سلسلة كتب الشر، حيث يحتوي على فصول تصنيع نماذج مختلفة من الصواريخ بما فيها صواريخ متعددة المراحل !!.

الشكل (2) يمثل إحدى النماذج المأخوذة من كتاب "سيمونوفيتش" ، و المدهش في الأمر التشابه الكبير بين صورة الصاروخ الذي رسمه في الكتاب و الصواريخ المعاصرة المتعددة المراحل، حيث تظهر بوضوح فوهة خروج الوقود التي لا تبدو بعيدة الشبه عن منفذ خروج الوقود لنموذج الصواريخ ذات المحرك، و يمكننا أن نلاحظ كيف تشعل كل مرحلة من الصاروخ المرحلة التي تليها في الطابق الأعلى.. !!. بعد ذلك قام "روبرت أندرسون Robert Anderson" العام 1696 بنشر مقال بعنوان صناعة القذائف، يصف فيه طريقة تصنيع و دفع القذائف و كذلك كيفية إجراء بعض الحسابات حولها (أنظر الشكل 3) [1] [2].



الشكل– 02: صاروخ متعدد المراحل لـ" كازيمير سيمينوفيتش " [3].


The Making of
ROCKETS.
In Two Parts.
The First
Containing the Making of Rockets for the meaneſt Capacity.
The other
To make Rockets by a Duplicate Propoſition, to 1000 pound Weight or higher.
Experimentally and Mathematically Demonſtrated, By
ROBERT ANDERSON.
LONDON:
Printed for Robert Morden, at the Atlas in Cornhil. 1696.

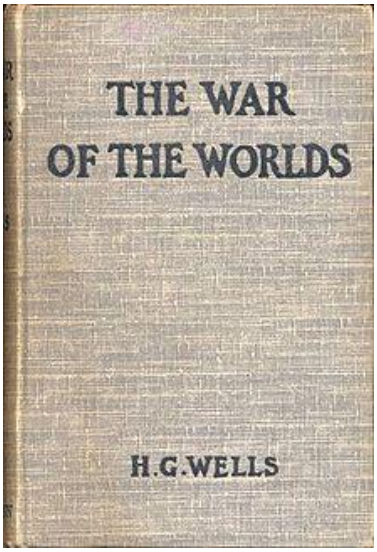
الشكل– 03 مقال صناعة القذائف لـ "روبرت اندرسون" [3].

siemienowicz Siemienowicz siemienowicz

في معركة بلتمور عام 1814 استعملت القذائف من قبل سفينة البحرية الملكية البريطانية (H.M.S Erebus) في قصف حصن "مالك هنري"، و من هنا كلمة "قذائف الوهج الأحمر – red glare" التي تم تخليدها فيما بعد في النشيد الوطني الأمريكي " بند النجمة اللامعة" (*The Star –Spangled Banner*).

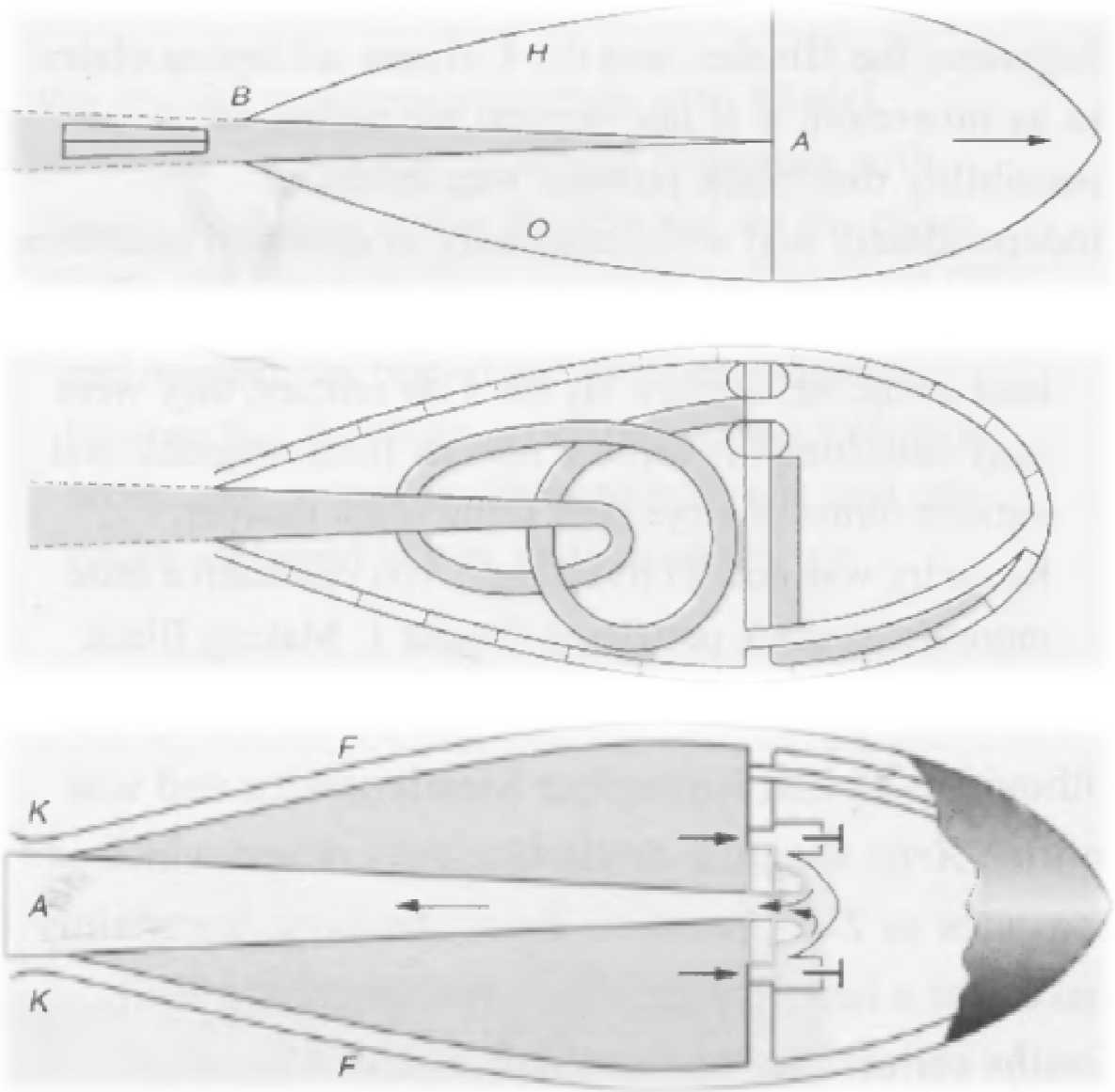
في عام 1898 أنهى H.G. Wells عمله الرائد "حرب العوالم – *war of the worlds*" الذي لفت انتباه العامة حول موضوع الفضاء و إمكانية وجود كائنات أخرى (حضارات عليا – *Extraterrestrial*) خارج كوكب الارض . تم تخليد أعمال H.G. Wells في الذكرى المئوية لنشر كتابه "حرب العوالم" بنصب تمثال ثلاثي القوائم في مركز مدينة الأعمال بجنوب لندن "الشكل 4"

الشكل – 04: تمثال ثلاثي القوائم امام مركز تجاري بلندن [4]



الشكل– 05: كتاب حرب العوالم 1898 لـ "ش. ج. ويلس" [4].

تمت مناقشة رحلات الفضاء في وقت مبكر من هذا القرن، ففي العام 1903 نشر الأستاذ الروسي الشهير "قسطنطين تسيلكوفسكي– Konstantin Tsiolkovsky"[6] كتابه "استكشاف الفضاء باستعمال الآلات – *Исследование мировых пространств реактивными приборами* – *Exploration of Space using Motors*"، و ذلك قبل عقود من توصل الإنسان إلى تكنولوجية تسمح بتحويل هذا الحلم الى واقع ملموس و, في هذا الكتاب أوصى "تسيلكوفسكي" باستعمال خليط من الهيدروجين و الأوكسجين السائل كوقود مثالي للقذائف [1][2].



الشكل – 06: بعض تصاميم الصواريخ لـ " تسيلكوفسكي " [01] .

في الولايات المتحدة الأمريكية كان "روبرت جودار – Robaret Goddar"[7] والذي يعتبر أب علم القذائف و الصواريخ قد حصل في العام 1917 على منحة من مؤسسة "سميثسونيين Smithsonian"[8] لدعم أبحاثه حول القذائف، حيث تمكن من زيادة فعالية نموذجه الصاروخي بإضافة مايعرف بـ "البوق – De laval" الذي يستعمل اليوم في محركات الصواريخ و المحركات النفاثة عموما.

استمر تطوير القذائف في الإطار السلمي حتى عام 1932 أين بدأ الجيش الألماني أو ما كان يعرف باسم "قوى دفاع الرايخ – The german Reichswher " التي سميت فيما بعد بالـ"فيرمخت – Wehrmacht" باستعمال الصواريخ كسلاح .

كانت معاهدات فرساي[9] عام 1919 قد فرضت قيود على الجيش الألماني في العديد و العتاد بما فيها الأسلحة بعيدة المدى، حيث ينظر إلى الصواريخ كوسيلة لحمل عبوات متفجرة لمسافات بعيدة و إحداث أكبر قدر من الأضرار .

الشكل – 07: "ر. جودارد" أمام أحد تصاميمه الصاروخية [01]

بعد محاولات أولية تم تصنيع صاروخ بحمولة أثقل و مدى أبعد و هو المسمى "سلاح الانتقام 2 – Vergeltungswaffe 2" (Vengeonce Weapon 2) المعروف اختصارا بالاسم الكودي "فاو 2 – V2".

الشكل – 08: الصاروخ الألماني "فاو 2" [4]

الشكل – 09: الصاروخ الأمريكي "الحجر الأحمر" [5]

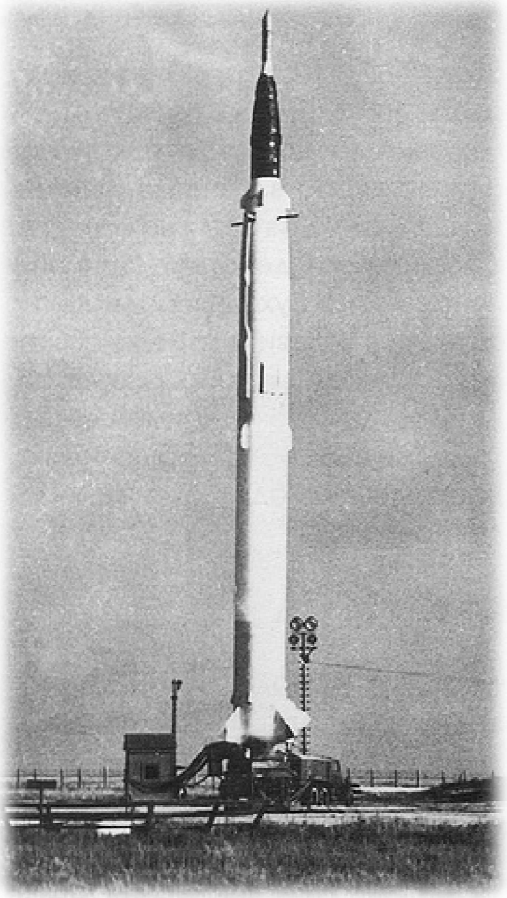
بعد نهاية الحرب العالمية الثانية تسابقت جيوش الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا و المملكة المتحدة بإرسال خبرائها للاستيلاء على هذه التكنولوجيا الناشئة وكذالعلماء و الأكاديمين العاملين في هذا البرنامج و كان الهدف الرئيسي، المركز السري المسمى "peenemünde – بينماند" والذي يعد أكبر موقع للتصنيع و القيام بالتجارب على الصواريخ، كجزء من العملية الاستخبارية المسماة "مشبك الورق – Paperclip" لاستجلاب عديد علماء الصواريخ النازيين و على رأسهم عالم الصواريخ اللامع " ف. ف. براون "[10] للعمل في وكالة "ناسا – NASA" . في بدايات مشروع الفضاء، قامت الولايات المتحدة الأمريكية بتطوير الصاروخ الأصلي "فاو2" على يد مصممه الأصلي " ف. ف. براون " إلى النسخة الأمريكية المسماة "صاروخ الحجر الأحمر – Redstone rocket" الذي استعمل في بدايات عصر الفضاء [2].

في نفس الوقت قام العلماء السوفييت و على رأسهم كبير المصممين "س. أ. كرليوف" بتحويل "فاو2 " الألمانية إلى سلسة من الصواريخ المطورة (R2-R1 و R5)، و في أكتوبر 1957 قام الاتحاد السوفيتي بإطلاق أول قمر صناعي في التاريخ "سبوتنيك 1 Sputnuk" [5].

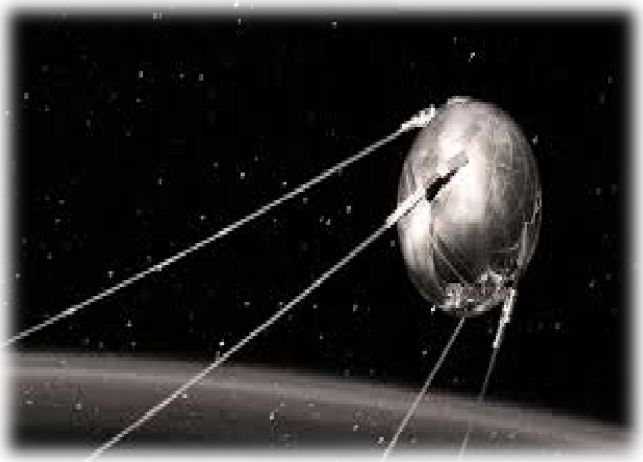
كان هذا الإطلاق وراء انطلاق سباق الفضاء الذي أحدث تغييرا جذريا في ميدان العلوم و التكنولوجيا لم يعرفه العالم من قبل . هذا السباق المحموم بين القوتين العظميين لغزو الفضاء نتج عنه تطوير الكثير من الابتكارات و الاختراعات التي عادت بفوائد عظيمة على البشرية [5].

بعد إطلاق سبوتنيك جاء الدور على إطلاق أول كائن حي، و كان السوفييت السباقين إلى ذلك بإطلاق الكلبة "لايكا" و بذلك عبدوا الطريق إلى إن يصل أول إنسان إلى الفضاء وكان ذلك في الثاني عشر من إبريل 1961 مع رائد الفضاء السوفيتي "يوري جاجارين"[5] .

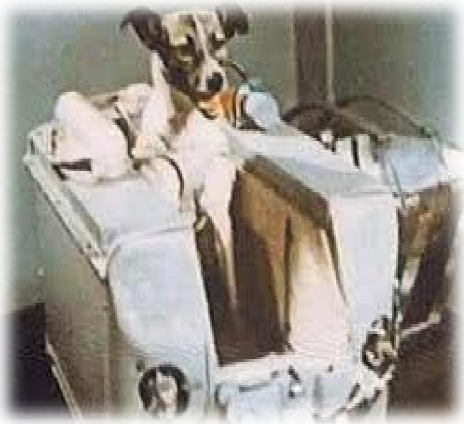
الشكل – 10: الصاروخ السوفييتي "آر 1" [02].



الشكل – 11: الصاروخ السوفييتي "آر 5" [1]



الشكل – 12: القمر الصناعي السوفييتي "سبوتنيك 1" [1]



الشكل – 13: الكلبة المحظوظة "لايكا" أول كائن حي يصعد إلى الفضاء .

الشكل – 14: "باز ألدرين" رفقة "نيل أرميسترونج" أول إنسان يطأ سطح القمر [1]

هذه الخطوة تبعتها خطوات أخرى انتهت بأول إنزال على القمر قامت به وكالة ناسا الأمريكية في 20 جويلية 1969 قام به رائدي الفضاء "نيل أرميسترونغ" و "باز ألدرين"، و اليوم تستعد البشرية لهبوط أهم على سطح المريخ في آفاق العام 2020 .

النماذج التاريخية للصواريخ كانت قريبة الشبه بالصواريخ المعاصرة خصوصا ما تعلق منها بالنموذج الأصلي لـ"روبرت جودارد" حيث الفروق بينهما لا تعدوا أن تكون في حجم الصواريخ و قوة محركاتها، و يتزايد هذا التشابه باستعراض النماذج التى تعد تاريخية و التى سبقت عصر الفضاء و خصوصا في أواسط الخمسينات، نذكر في هذا الصدد نموذج الأخوين "أورفيل" و "روبرت كارليسل" العام 1954 لمحركات دفع الصواريخ المصغرة، مساهمات "هاري ستين" و "فيرن استس" العام 1957 حول زيادة الأمن و السلامة في محركات الصواريخ. هذه الأعمال و غيرها تضافرت ليظهر جيل جديد من الصواريخ أدى لبزوغ عصر الفضاء في ستينيات القرن العشرين.

قائمة المراجع

[1] Williamson, M., (2006) " Spacecraft Technology The early years", Institution of Engineering and Technology, London.

[2] A, Bowdoin Van Riper, 2004," Rockets and Missiles - The Life Story Of A Technology Green Wood Press " ,Westport, Connecticut, London.

[3] Gavin .D.J .Harper, 2006, " 50 Model Rocket Projects for the evil Genius ",Mcgraw-Hill_TAB Electronics.

[4] https://fr.wikipedia.org/wiki

[5] Joseph A. Angelo, Jr, 2003," Space Technology Green Wood Press Westport", Connecticut London,.

الفصل الأول

علم وتكنولوجيا الصواريخ من البدايات الأولى إلى العصر الحديث

1.1 ـ مقدمة:

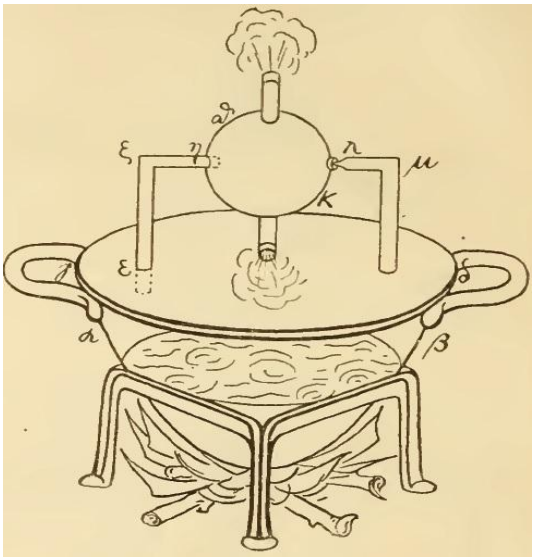
من المعلوم أن لكل ثمرة مَنْبَت، وكل تكنولوجيا فكرة، فكل الاختراعات التى توصل إليها الإنسان اليوم أتت من خلال أفكار بدى بعضها بسيطة والبعض الأخر جنونية إلى أن تحققت هذه الأفكار وترجمت على ارض الواقع فالصواريخ اعتبرت في عصور سابقة أنها أفكار لمجانين ولكن نرى الآن فضل هؤلاء كبير على البشرية حيث احدث هذا النوع من الاختراعات تطور ملحوظ في حياة الإنسان. فبواسطة تكنولوجيا الصواريخ صعد الإنسان إلى الفضاء، وتم ربط العالم الكبير ببعضه البعض حتى أصبح قرية صغيرة يتجول فيها من أراد، ناهيك عن اكتشاف الفضاء الخارجي وما يدور فيه من كواكب وأقمار. ففي هذا الفصل سنتطرق إلى البحث عن أول أفكار التى دلت أو مهدت لظهور الصواريخ وكيف تم التعامل مع مثل هذه الأفكار في ذلك الوقت، ومن وضع اللبنة الأولى لعلم الصواريخ الحديثة.

2.1 ـ الصواريخ البدائية من قبل الميلاد إلى غاية القرن السابع عشر :

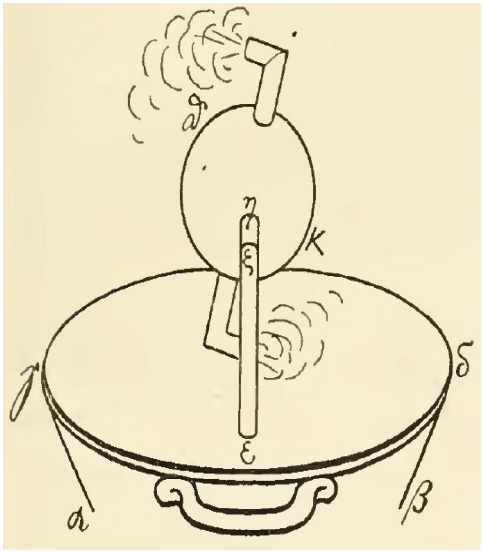
قبل حوالي 2000 عام، يقال أن مخترع يوناني يعرف "باسم بطل الاسكندرية Hero of) (Alexandria" جاء باختراع جديد يعتمد على التفاعل الميكانيكي بين الحرارة والمياه. اختراعه هذا الشبيه بالصواريخ والمسمى " إوليبيل"، يستخدم البخار كقوة للدفع. وهي كرة معلقة فوق غلاية للمياه. توقد النار تحت الغلاية وبعد تحول الماء إلى بخار، يسري البخار عبر أربعة من الأنابيب المتصالبة مما يتسبب في تدوير الكرة وإعطائها قوة دفع. كما هو موضح في الشكلين 2.1 و 3.1 [1].

يروى أن مسؤول محلي صيني يسمى"وان هوو" عاش في منتصف عهد أسرة "مينغ"*، كان يحلم بالرحلات الفضائية. شيد " وان هوو" كرسيا وربط قاعدته بـ 47 صاروخ من البارود (الشكل 2.1). عند إطلاقه، استعان بـ 47 مساعدا بغية الإطلاق المتزامن لجميع الصواريخ في آن واحد. تبع الإطلاق انفجار ضخم وسحابة من الدخان، عندما تلاشى الدخان، إختفى"وان هوو" واعتقد البعض انه على سطح القمر حتى سموه باسم "رجل القمر"، بغض النظر عن النهاية المأساوية، لـ "وان هوو"، من المؤكد أن له الحق الكامل في فكرة استخدام الصواريخ للسفر إلى الفضاء [2].

كان أن حدث أول استخدام للصواريخ في معركة حقيقية العام 1232م. عندما واجه الصينيون المغول في معركة "كاي– كنغ"، أين أمطروهم بوابل من سهام النار الطائرة. كانت هذه السهام شكلا بدائيا وبسيطا من الصواريخ ذات الوقود الصلب. يتمثل السهم في أنبوب معبأ بالبارود يترك أحد طرفيه مفتوحا، ويربط بعصا طويلة بغرض التوجيه. عند إشتعال مسحوق البارود ومع احتراقه تنتج النار والدخان وغازات الاحتراق التي تضغط من جهة الطرف المفتوح لتدفع الأنبوب إلى الأمام.

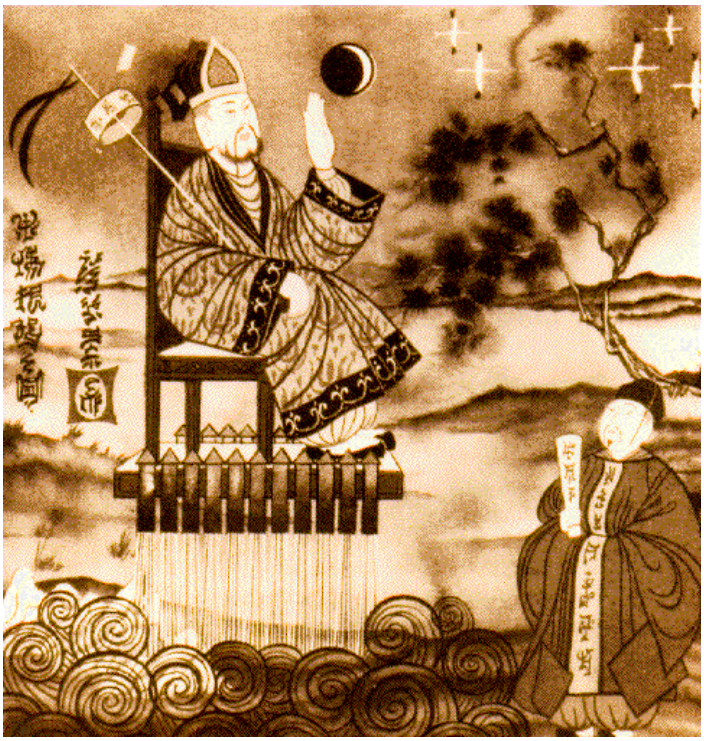


الشكل 1.1: رسم لأليبيل لبطل الاسكندرية [3].



الشكل 2.1: رسم جانبي للاليبيل [3].

* أسرة (مينغ تشاو —明朝) هي السلالة التي حكمت الصين 1368– 1644 ، وتنحدر من سلالة الهان أباطرة الصين القدماء.



الشكل 3.1: رسم توضيحي لتجربة "وان هوو" [4].

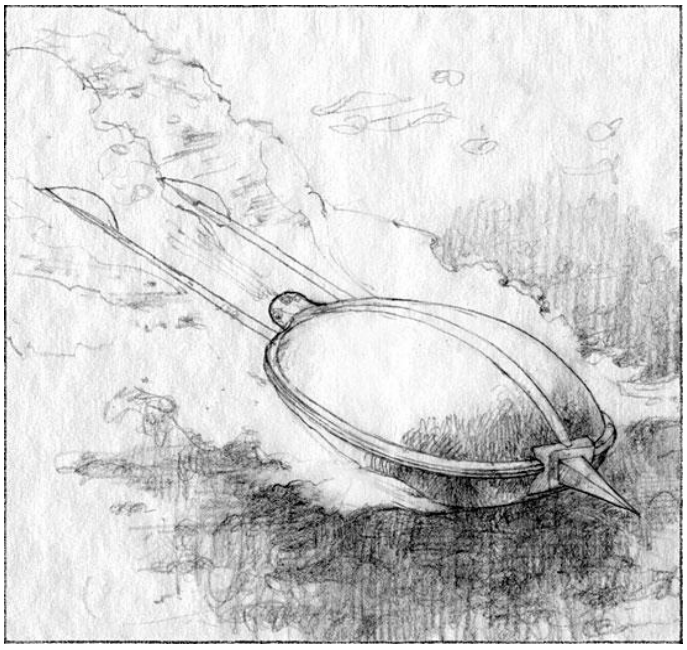
الشكل 4.1: رسم توضيحي يمثل جندي صيني يقوم بإشعال السهم الناري [12].

وكانت العصا بمثابة نظام توجيه بسيط يبقي الصاروخ في اتجاه عام واحد عندما يطير عبر الهواء (الشكل 5.1). ليس من الواضح مدى فعالية هذه الأسهم النارية كأسلحة دمار، لكن آثارها النفسية على المغول كانت كبيرة جدا وهنا تكمن أهميتها [2].

من الشائع أن أول مخترع أو مستعمل إن صح التعبير للطوربيد (عبارة عن صاروخ مساره فوق الماء يستهدف السفن) هوالايطالي "جوانيس دي فونتانا" وكان ذلك عام 1420م، أثناء الحروب البحرية (في البحار و المحيطات) بين الممالك و الامارات الأروبية [2].

في وقت سابق عن هذا التاريخ كان "حسن الرماح" (1242ـ 1280)، الذي عمل في سوريا بعد دخول المغول وسقوط الخلافة في بغداد. الذي كتب رسالة في البارود والصواريخ بعنوان "كتاب الفروسية و المناصب الحربية" ترجمت فيما بعد إلى اللاتينية وانتقلت لعديد اللغات الأوروبية باسم "كتاب الفروسية العسكرية وآلات الحرب البارعة The Book of Military Horsemanship and Ingenious War Devices". تضمن هذا الكتاب أكثر من 100 وصفة للبارود، حيث يمكن استخدام 22 منها كوقود للصواريخ. يقول الخبراء أن واحدة على الأقل من هذه الوصفات قريبة جدا من المزيج المثالي الحديث للبارود. كما صمم"الرماح" أحد نماذج الطوربيد المبكرة، ربما كان الأول من نوعه، يصف "حسن الرماح" أنواعا مختلفة من السهام الحارقة والرؤوس ويصف ويوضح ما كان من المفترض أن يكون طوربيدا. يسمى "البويضة التى تتحرك بنفسها وتحرق" حيث أشار إلى أن الطوربيد يتحرك على سطح الماء، حيث قام بتثبيت اثنين من المقالي الحديدية وربطت معا وجعل بينهما مسلك ضيق ما يعرف في الوقت الحالي بالفوهة. تمت تعبئة الطوربيد الذي يشبه البيضة بالبارود ، عند إشعاله يعطيها دفعة صاروخية إلى الأمام بالاضافة إلى حشوة متفجرة في مقدمة الطوربيد تنفجر عند اصطدامها بالهدف مباشرة، وكان يطلق على الطوربيد اسم الرماح، وجاء في الأخبار أن بيته انفجر بسبب تجاربه بدمج البارود الصينى مع النفط [5][6].

جدير بالذكر، أن الطوربيد "الرماح" أحد الوسائل التى استخدمت ضد الفرنسيين في معركة ذمياط إبان الحملة الصليبية السابعة العام 1248م. سرد أحداث المعركة شاهد عيان فرنسي، ذكر سلاحا انزلق على الأرض بدفعة صاروخية، مما أدى إلى إندلاع النار وتشتت الفرسان الفرنسيين. إن وجود أوصاف مؤيدة من الجانبين في المعركة نفسها يوحي بأن المسلمين، إستخدموا الصواريخ العسكرية بحلول منتصف القرن الثالث عشر. كما يؤكد أن كتابات "الرماح"،التى كانت توصف بالشائعات الخيالية هي بلا شك تكنولوجيا عسكرية حقيقية [6].



الشكل 5.1: رسم توضيحي لطوربيد حسن الرماح [5].

كانت تكنولوجيا الصواريخ معروفة على نطاق واسع في جميع أنحاء أوروبا وآسيا بحلول 1400م في وقت مبكر. ونوقشت في كتيبات التكنولوجيا العسكرية، الصواريخ وتطبيقاتها بالتفصيل. واستخدم الجنود الهنود تحت حكم "سلطان محمود" الصواريخ في دفاعهم عن دلهي عام 1399م ضد جيوش تيمورلنج، واستخدمتهم القوات الفرنسية تحت جوان آرك ضد الانجليز في حصار أورليانز في عام 1428م. نلاحظ أن تكنولوجيا الصواريخ انتشرت بشكل سريع على مستوى انحاء العالم والسبب راجع إلى الحروب، تغير العالم بشكل عميق في هذه العقود وذلك من خلال انتقال فكرة البارود والصواريخ جراء المد المغولي الذي تعلم تقنية هذه الأخيرة من الصينين وكذلك الفرنسيين إكتشفوا الصواريخ من خلال حربهم ضد العرب، وكما انتشرت هذه التقنية بسبب الفتوحات الإسلامية وأصبح البارود شائعا بما فيه الكفاية في أوروبا لوضع حد للفارس المدرع، والقلعة الحجرية، والنظام السياسي اللامركزي الذي ساعدوا على استمراره [6].

الشكل 6.1: صورة لمخترع الطابعة غوتنبرغ [15].

كما أعطى الصانع الألماني يدعى "يوهان غنزفلايش تسر لادن تسومغوتنبرغ" (1398م 1468م)،مخترع ألماني ولدفي 1398م وتوفى في 1468 م .قام في سنة 1447بتطوير قوالب الحروف التى توضع بجوار بعضها البعض ثم يوضع فوقها الورق ثم يضغط عليه فتكون المطبوعة.

مطوراً بذلك علم الطباعة الذي اخترع قبل ذلك في الصين وكوريا، ولكن "غوتنبرغ" قام باختراعه بشكل مستقل، ويعتبر مخترع الطباعة الحديثة. وقدم "غوتنبرغ" لأوروبا مطبعة، الأداة الأولى لإنتاج المعرفة الجماعية. في شمال إيطاليا، حيث كانت هذه الأخيرة سبب من الأسباب انتشار تكنلوجيا الصواريخ بشكل رهيب [1][6].

و يستخدم"غوتنبرغ" نوع المنقولة للطباعة. وهذا يعنى أنه مصبوب كل حرف على حدة ومن ثم وضع هذه الرسائل مصبوب أو اكتب معا لتشكيل الكلمات والخطوط والصفحات. قام باختراعه في 1436 أو 1437 وبدأ في محل الطباعة في ماينز الذي يبدو أنه كان مكان ولادته. هنا طبعت الكتاب الأول في اليورو بي. وكان الكتاب المقدس، وجاء ليعرف باسم الكتاب "المقدس مازارين". كما انتشرت الطباعة بسرعة في جميع أنحاء أوروبا [1].

الشكل 7.1: صورة للمطبعة الأولى في العالم مطبعة غوتنبرغ "The FeatherbedAlleyPrintshop Museum" [15].

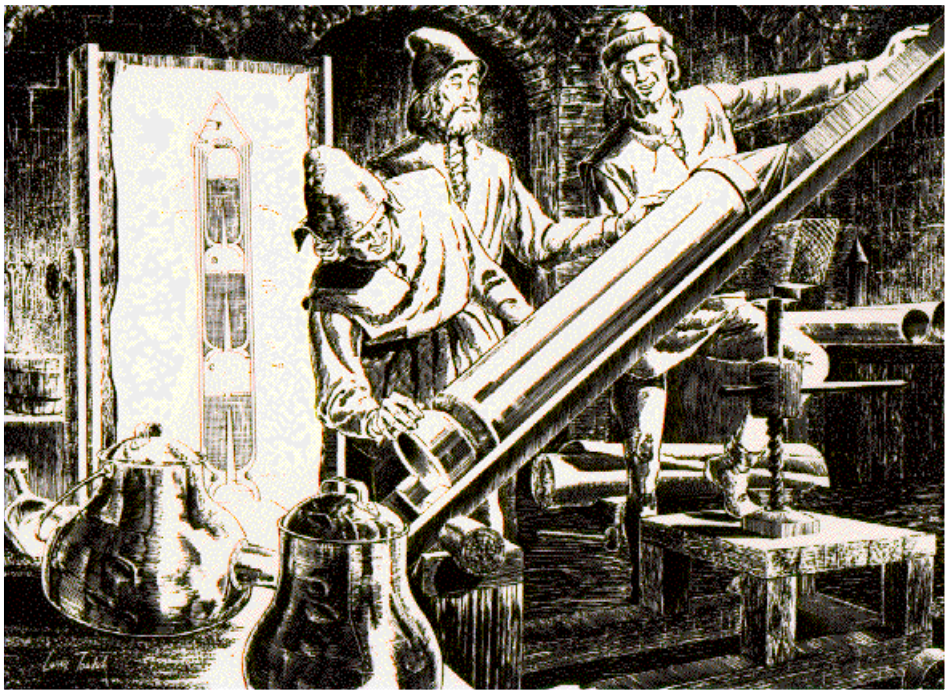
لعبت الصواريخ أساسا نفس الأدوار في العصر الحديث في وقت مبكر أنها قد لعبت في العصور الوسطى. كانت تستخدم لقصف العدو في زمن الحرب، ولعرض الألعاب النارية تفصيلا يعرض في زمن السلم. كما تغيرت الصواريخ نفسها قليلا نسبيا، إلا أنها أصبحت موحدة بشكل متزايد في التصميم والبناء. وقد شجعت المطبعة في انتشار الكتب المطبوعة هذا التوحيد عن طريق إتاحة أحدث المعلومات عن الصواريخ على نطاق واسع. وكانت الأوصاف المطبوعة للصواريخ والتعليمات بشأن كيفية بناءها متاحة في جميع أنحاء أوروبا اثناء القرن السادس عشر وبداية القرن السابع عشر. ظهرت أعمال ملحوظة ليس فقط في المراكز التقليدية للتعليم مثل إيطاليا وإسبانيا، ولكن أيضا في المناطق النائية من أوروبا مثل رومانيا وبولندا وشمال ألمانيا [6].

لم تقتصر تكنولوجيا الصواريخ في الحروب فقط بل قام العالم العثماني "حسن جلبي" الملقب بـ"لاگري" أو "لاگاري" واضع اللبنة الأولى لعلم الصواريخ الصاعدة للفضاء، وهو أول عثماني وبشري في التاريخ استقل صاروخًا ليصعد به إلى السماء. وذلك أثناء الاحتفالات بمناسبة ولادة الأميرة "قايا" او "كايا" بنت السلطان "مراد الرابع" عام 1633م.أظهر مهارته الرائعة من خلال طيرانه على ظهر صاروخ، وذلك بحسب ما سجله الرحالة العثماني الشهير "أوليا جلبي" في كتابه الضخم "سياحة نامة" عن هذه الحادثة في كتابه كما يلي: "في مساء ولادة بنت السلطان مراد الرابع الأميرة "قايا" وذلك عام 1633م، أقيمت أفراح ذبح أضحية العقيقة، وكان "حسن لاگري" قد اخترع قذيفة ذات سبعة أذرع تحتوي على خمسين أوقية من معجون البارود، وقام من داخل قصر السلطان في سراي بورنو وأمام السلطان بركوب هذه القذيفة، ثم أشعل معاونوه فتيلة القذيفة، وقبيل طيرانه نحو السماء، خاطب السلطان قائلاً له: يا مولاي أستودعك الله، أنا ذاهب للتحدث مع عيسى عليه السلام. ثم انطلق إلى السماء، ثم أشعل القذائف الأخرى التى كانت معه فنشر الأنوار في السماء، وبعد نفاد البارود بدأت القذيفة بالتوجه نحو الأرض، وهنا نشر أجنحة مثل أجنحة النسر التى جهزها وأخذها معه، ونزل على البحر قرب قصر "سنان باشا"، ثم أتى

إلى حضرة السلطان وقال له مازحًا: مولاي إنَّ عيسى عليه السلام يسلم عليك، وقد كافأه السلطان مراد وأنعم عليه وسجله ضمن صنف "السباهي" في الجيش الانكشاري. ثم سافر بعد ذلك حسن إلى القرم واستقر بها إلى أن توفي هناك [7]. من هنا نلاحظ أن استعمال الصواريخ تطور من أداة حربية إلى أداة نقل. والشكل الموالي يوضح هذا الأمر.

الشكل 8.1: لوحة للحسن جلبي وهو راكب الصاروخ [7].

في عام 1650م، "كازيميرز سيمينويتز" خبير البولندية المدفعية نشر "الفن الكامل للمدفعية"، وكتاب يحتوي على فصل كبير على العيار والبناء والإنتاج وخصائص الصواريخ بما في ذلك الصواريخ متعددة المراحل. نشر في أمستردام في عام 1650م وترجمت إلى اللغة الإنجليزية في عام 1729، وصفت صاروخا من ثلاث مراحل واستخدام الزعانف لتوفير الاستقرار [6].



الشكل 1. 9 : لوحة تمثل الصاروخ المتعدد المراحل لكازيميرز، Siemenowiczmulti-stage rocket, *Artilleriae pars prima* fromhis *ArtisMagnae* [8].

3.1 ـ صواريخ الحرب من القرن السابع عشر الى غاية القرن التاسع عشر:

خلال الجزء الأخير من القرن 17، وضعت الأسس العلمية للصواريخ الحديثة من قبل العالم الإنجليزي الكبير السير إسحاق نيوتن (1642ـ1727). نظم نيوتن فهمه للحركة المادية في ثلاثة قوانين علمية. وتشرح القوانين كيف تعمل الصواريخ ولماذا تكون قادرة على العمل في فراغ الفضاء الخارجي. وسرعان ما بدأت قوانين نيوتن في إحداث أثر عملي على تصميم الصواريخ حوالي 1720 [2].

بدأ حيدر علي وابنه (خليفته)، "تيبو صاحب"وهم حكام ميسور في جنوب الهند بتجهيز جيوشهم بالصواريخ بحلول 1790م. صواريخهم التي بنيت من حجمين موحدة، وكان أنابيب من الحديد الزهر بدلا من الخيزران أو الخشب. ووفقا لمصادر هندية، يمكن لقوات صواريخ "تيبو صاحب" قصف أهدافها لمسافة ميل ونصف [6].

ظهرت القيمة العسكرية للصواريخ الهندية عندما قاد "حيدر علي" و "تيبو صاحب" قواتهما إلى معركة ضد الجيش البريطاني في 1780 و 1790. انتصر "حيدر علي" في معركة بوليلور [11] Pollilur(1780)، خلال حرب مايسور[11] الثانية، كان يرجع جزئيا،وبعدها تولى "تيبو صاحب" العرش عندما قتل والده في عام 1782، جعلت من استخدام الصواريخ مرة أخرى في هجومه على مدينة ترافانكور[11] Travancore، التي بدأت حرب مايسور الثالثة في 1790. وقد لعبت المباراة النهائية من حرب مايسور الرابعة في 1799

الشكل 10.1: لوحة للجيش البريطاني يقصف بوابل من الصواريخ الهندية [8].

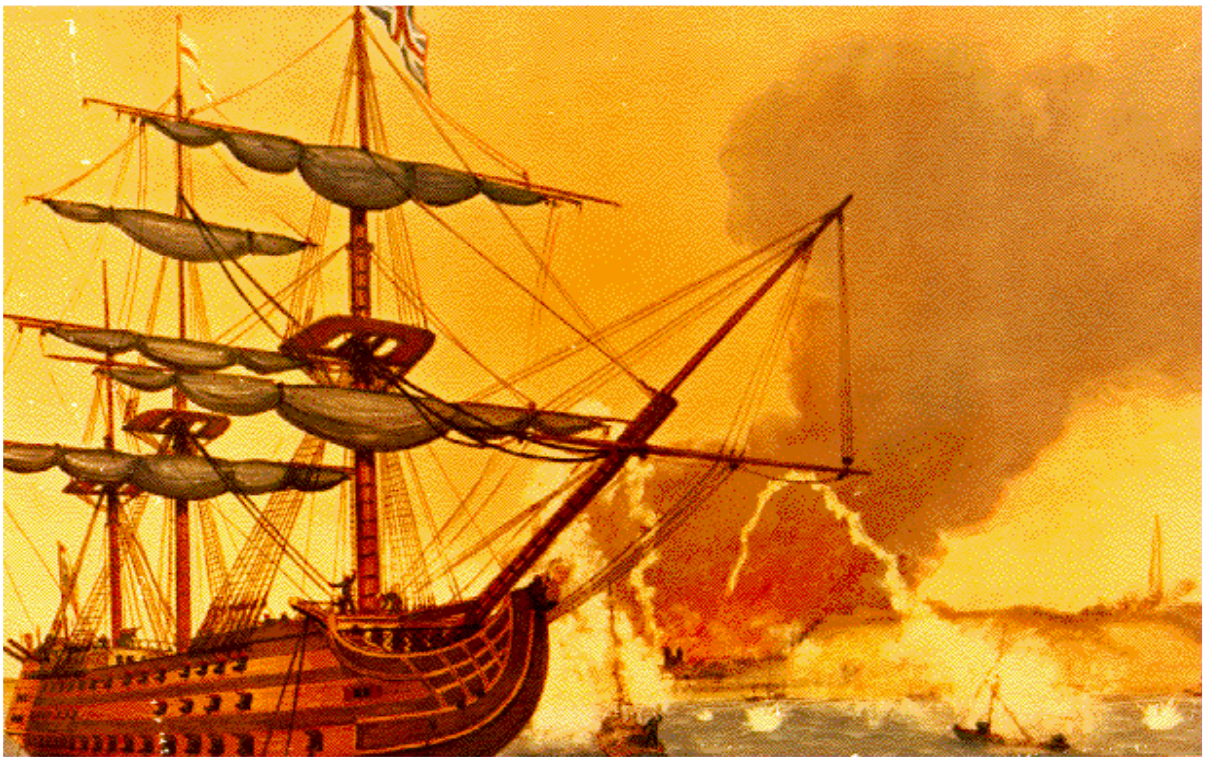
عندما حاصرت القوات البريطانية تيبو صاحب في عاصمته، سيرينغاباتام[11] Seringapatam. اقتحمت قوة بريطانية بقيادة العقيد آرثر ويلسلي(في وقت لاحق دوق ولينغتون) المدينة، لكنها تحولت وهربت عندما أطلق مسلحون ميسور وابل من الصواريخ أهبت ارض المعركة، ومع ذلك تجميع البريطانيين وجلبوا المدفعية واصابو مخزون الصواريخ بظربت حظ، وسبب الانفجار الناتج خرق في الجدار.ولم يعد سلاح تيبو سريا [6].

لم يبق سلاح "تيبو صاحب" سرا لفترة طويلة. وصلت كلمة نجاحه مع الصواريخ أوروبا بينما كانت حروب مايسور لا تزال مستمرة، وتشجيع البحوث على الصواريخ العسكرية في انكلترا وفرنسا وايرلندا وغيرها. بعد القبض على سيرينغاباتام وموت "تيبو صاحب"، قام البريطانيون بشحن مئات الصواريخ إلى أرسنال الملكي كغنائم من الحرب. وكانت نقطة الشحن أقل لتجهيز القوات البريطانية بالصواريخ الهندية بدلا من "الهندسة العكسية"لهم فصلهم، ودراسة كيفية صنعها، وتعلم كيفية بناء الصواريخ التى كانت جيدة أو أفضل. وكان المراقب المالي للارسنال الملكي جنديا قديم يدعى "وليام كونغريف" الذي كان أيضا ضابطا كبيرا في المدفعية الملكية.وكانابنه الأكبر، "ويليام" أيضا، سبعة وعشرين عاما عندما مات "تيبو صاحب"، خريج حديث من جامعة كامبريدج الذي مارس القانون، وتحرير الصحف. كان "كونجريف" الأصغر سنا وله صلات إلى الملكي من خلال والده وصلات إلى بعض من أقوى الرجال في بريطانيا من خلال أصدقائه.

كان لديه أيضا سحر عميق مع الآلات، وفي منتصف عام 1804 تخلى عن كل من النشر والقانون لمتابعة ذلك. تلقى "كونغريف" في نهاية المطاف براءات اختراع للأشياء تتراوح بين محركات البخار وقنوات الأقفال إلى تقنية الطباعة الجديدة التى جعلت النقود الورقية أكثر صعوبة في التزوير. ومع ذلك، كان مشروعه الأول هو وضع سلاح يمكن أن يدمر أسطول الحواجز التى تحملها القوات التى كان نابليون

يجمعها على طول ساحل فرنسا استعدادا لغزو إنجلترا. بدأ "كونغريف" مع صواريخ الحرب الهندية القبض عليها، وتحسين عليها، جلبت بمفرده على ثورة في تصميم الصواريخ. كانت ثورة "كونغريف" جزءا من الثورة الصناعية الأكبر التى كانت تحول بريطانيا في أوائل القرن التاسع عشر. وأحد العناصر الرئيسية للثورة الصناعية هو توحيد التصنيع وتصنيعه في المصانع المركزية [6].

هكذا، فإن صواريخ "كونغريف" لا تقدم أداء أفضل من الأنواع السابقة فحسب، بل أداء أكثر اتساقا أيضا. وقد سمح له الوصول إلى نطاقات إطلاق أرسنال الملكي بإجراء اختبارات واسعة النطاق، مما أدى إلى مزيد من ضبط الصواريخ وجهاز إطلاقها. وهكذا كان قادرا في عام 1805 على تقديم الجيش الملكي والبحرية ما يسمى الآن "نظام السلاح" مجموعة من الصواريخ في مختلف الأحجام، ولكل منها جهاز إطلاق مناسب ومعظمها مع اختيار الرؤوس الحربية المتفجرة أو الحارقة، بعدها مباشرة في عام 1806 خاض البريطانيين حرب ضد نابليون في فرنسا. وفي عام 1807، وجه "كونغريف" هجوم صاروخ ضد كوبنهاغن، تم إطلاق حوالي 25000 صاروخ [6].



الشكل 11.1: لوحة توضح قصف مقر نابليون بالصواريخ الحارقة من البريطانيين [8].

الشكل 12.1: لوحة توضح منع القوات الفرنسية لي روجيري من إطلاق الصبى، "رسم من قبل الفنان لاري توششيك" [8].

كما نلاحظ أنه في القرن التاسع عشر أصبح العلماء والمخترعين في كل بلد تقريبا متجهين نحو اكتشاف الفضاء من خلال الصواريخ وغاصو في اكتشافاتهم وتطوراتهم حول الصواريخ، بعض الناس يعتقدون أن هؤلاء رواد الصواريخ في وقت مبكر كانوا عباقرة، والبعض الآخر يعتقدون أنهم مجانين. وكما روى عن الايطالي الأصل"كلود روجيري"، يعيش في باريس، انه أرسل كلبة في صاروخه وقام باستردادها بالمضلة، فقرر بإطلاق صبى في تجربته القادمة لم تكن السلطات الفرنسية مسرورة ببحوثه حول الصواريخ وأوقفوا خططه لإطلاق صبى صغير باستخدام مجموعة الصواريخ، كما هو موضح في الشكل 13.1.

4.1 ـ الصواريخ الحديثة مطلع القرن العشرين :

من هنا نبدا الحديث عن تغير مجرى الاحداث وبداية ظهور علماء كل احلامهم الفضاء ورواد الفضاء وتغير ذري في الصواريخ فالعلماء الذين سنتكلم عنهم هم الاباء الحقيقين للصواريخ الحديثة ولهم كل الفضل على ما نحن عليه الآن.

خلال 1903مقام العالم، والمؤلفو مدرس الرياضيات في الثانوية والاهم من هذا واحدا من الآباء المؤسسين للصواريخ ورواد الفضاء."كونستانتين تسيولكوفسكي" (1857ـ1935)بنشر (باللغة الروسية) استكشاف الفضاء الكوني بواسطة وسائل رد الفعل

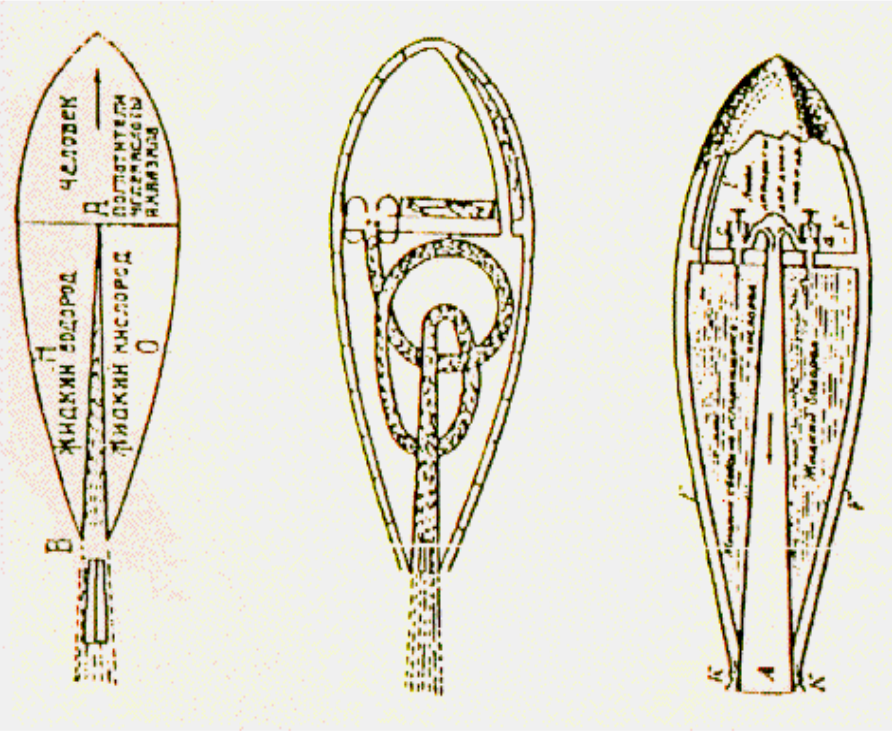
الشكل 13.1: صورة للعالم والمربي كونستانتين تسيولكوفسكي(1857ـ1935) [4].

الأجهزة، أول عمل علمي جاد في السفر إلى الفضاء. وتسمى معادلة الصواريخ "تسيولكوفسكي"المبدأ الذي يحكم الدفع الصاروخي،علاقات دقيقة بين كتلة الصاروخ والوقود، حساب أقصى سرعة العادم(سرعة الغاز عند الخروج)،

وسرعة الصواريخ. وتوقع أيضا العديد من جوانب السفر إلى الفضاء بدقة مذهلة، والمحطات الفضائية المدارية، والحاجة إلى صواريخ متعددة المراحل لتحقيق سرعة الإقلاع. بل إنه توقع مزايا الجمع بين الهيدروجين السائل والأكسجين السائل لوقود الصواريخ [10].

حيث كان كل من العالمان "روبرت غودارد" و"هيرمان أوبيرث" يسيران على نفس الخطى، في نفس الوقت (بشكل مستقل)، وكان عمله غير معروف أساسا خارج الاتحاد السوفياتي، ولكن داخل البلاد أنها ألهمت المزيد من البحوث والتجريب وتشكيل جمعية لدراسات السفر بين الكواكب في عام 1924 [9].

ولد "تسيولكوفسكي" في 1857 في إيجيفسكوي، روسيا، في أسواء حالات روسيا القيصرية حيث كانت تعاني البلاد من ويلات الحروب والفقر، كان والده حطابا فقيرا، اصيب "تسيولكوفسكي" بالصمم منذ طفولته نتيجة مرض فلم يتمكن من متابعة الدروس في المدرسة فراح يعلم نفسه بنفسه ويطالع كل ما تقع عليه من كتب أرسلته عائلته إلى موسكو لتثقيف نفسه في مكتبة تشيرتكوفسكايا الشهيرة، تأثر بالخيال العلمي "لجول فيرن" ونظريات الصديق والفيلسوف "نيكولاي فيدوروف" الذي أقنعه بأن التقدم في العلوم سيؤدي إلى انفجار سكاني لاحق يتطلب استعمار الكواكب الأخرى). وأخيرا، في عام 1879 تأهل "تسيولكوفسكي" حتى أصبح أستاذا للرياضيات، وكان قادرا على دعم نفسه أثناء كتابة قصص السفر في الفضاء [2][9][10].



الشكل 14.1: صورة لصواريخ العالم كونستانتين تسيولكوفسكي [8].

في نفس الحقبة الزمنية أبدع رجل أخر باختراعاته وتطوراته للصواريخ، والد الدفع الصاروخي الحديث هو الأمريكي، الدكتور "روبرت هتشينغزغودارد" في عام 1912 ـ نشر المهندس "روبرت" محاضرة حول نظرية الصواريخ والسفر بين الكواكب. وكتب بشكل مستقل معادلة الصواريخ "تسيولكوفسكي"، فعلت الحسابات الأساسية حول الطاقة اللازمة لرحلة ذهابا وإيابا إلى القمر والكواكب، واقترح استخدام الطاقة الذرية (أي. راديوم) لتشغيل محرك طائرة.

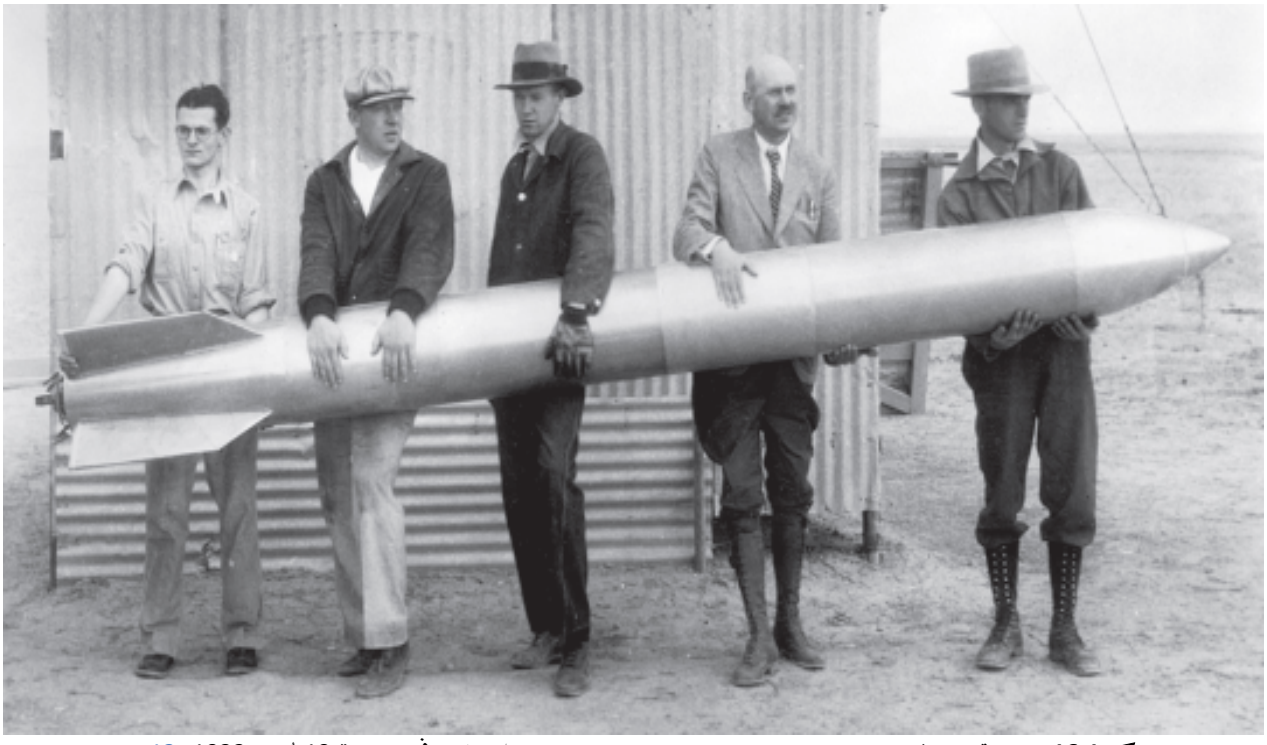
بدأ الدكتور "روبرت غودار" (أستاذ وعلم أمريكي) تحليلا جادا للصواريخ، وخلص إلى أن الصواريخ التقليدية للوقود الصلب تحتاج إلى تحسين بثلاث طرق. أولا، يجب حرق الوقود في غرفة احتراق صغيرة، بدلا من بناء حاوية الدفع بالكامل لتحمل الضغوط العالية ودرجات الحرارة. ثانيا، يمكن ترتيب الصواريخ على مراحل. وثالثا، سرعة العادم (وبالتالي كفاءة) يمكن أن تزيد إلى حد كبير إلى ما وراء سرعة الصوت باستخدام فوهة دي لافال. وحصل على براءة اختراع هذه المفاهيم في عام 1914. وأثبت أن صاروخا سيعمل في فراغ، وهو ما لم يصدق عليه كثير من العلماء في ذلك الوقت. في عام 1920، نشر "غودارد" هذه الأفكار والنتائج التجريبية في طريقة للوصول إلى الارتفاعات المتطرفة. وشمل العمل ملاحظات حول إرسال صاروخ للوقود الصلب إلى القمر، الأمر الذي جذب اهتماما عالميا، وأشاد به وسخر منه. واقترحت افتتاحية لصحيفة نيويورك تايمز أن البروفسور "غودارد" "لا يعرف علاقة الفعل بالرد، والحاجة إلى شيء أفضل من الفراغ الذي يمكن أن يتفاعل معه".

وجد "غودارد" أن تجربة الصواريخ كانت باهظة الثمن. وفي الوقت الذي حصل فيه تعليمه على راتب ضئيل، تقدم بطلب للحصول على منحة بحثية عن الصواريخ قامت مؤسسة سميثسونيان بتمويله "غودارد" تميز نفسه في حياته المهنية من خلال البحوث التطبيقية وتطوير الصواريخ. تم إطلاق أول صاروخ له في 16 مارس 1926 بعد خمس سنوات من التنمية. كان طوله 4,57 متر وعندما أطلقت، ذهب 12,5متر في الهواء. ارتفع ب 56,08 مترا قبل أن يعود إلى الأرض. وقد سمي هذا الحدث كيتي هوك من الصواريخ.

الشكل 15.1: صورة للبروفيسور روبرت غودارد وأول صاروخ يعمل بالوقود السائل في العالم، والذي أطلق بنجاح في حقل نيو انغلاند المجمد في 16 مارس 1926[2].

ذهب "غودارد" لمواصلة تطوير نظرياته، وينسب الفضل في الجهود الرائدة التي أدت في نهاية المطاف إلى 214 براءة اختراع لمكونات الصواريخ. وقد اعتبر الكثير من حياته شكوكا في الولايات المتحدة ولم يتلق عمله سوى القليل من الاهتمام [2][9][12][13].

"هيرمان يوليوس أوبيرث"[12]، ولد في 25 يونيو 1894 في بلدة ترانسلفانيا هيرمانستادت، هو، جنبا إلى جنب مع "كونستانتين تسيولكوفسكي" الروسي والأمريكي "روبرت غودارد"، واحد من الآباء المؤسسين الثلاثة من الصواريخ والفضاء الحديثة. أثار اهتمام "أوبيرث" في الصواريخ في سن 11، أعطته والدته نسخة من جول فيرن من الأرض إلى القمر، وهو كتاب ذكره في وقت لاحق أنه قرأ "خمس أو ست مرات على الأقل، وأخيرا عرف من القلب. "كان الشاب "أوبيرث"، بعد ذلك، اكتشف أن العديد من حسابات فيرن ليست مجرد خيال، وأن مفهوم السفر بين الكواكب حقيقة وليست خيال كما يفترض من قبل المجتمع العلمي.



الشكل 16.1: صورة للبروفيسور غودارد وزملاؤه يحملون الصاروخ المستخدم في رحلة 19 أبريل 1932 [13].

وبحلول سن 14 عاما كان "أوبيرث" قد تصور بالفعل "صاروخ الارتداد" الذي يمكن أن يدفع نفسه من خلال الفضاء عن طريق طرد غازات العادم (من الوقود السائل) من قاعدته. لم يكن لديه موارد لاختبار نموذجه، لكنه واصل تطوير نظرياته، في حين أن تدريس نفسه، من مختلف الكتب، والرياضيات التي كان يعرف انه يحتاج إذا كان على الدوام لتحدي هيمنة الجاذبية.

في عام 1912 التحق "هيرمان أوبيرث" بجامعة ميونيخ لدراسة الطب. ومع ذلك، توقفت أعماله العلمية من قبل الحرب العالمية الأولى. بطريقة غير مباشرة، كانت مشاركة "هيرمان أوبيرث" في الحرب، ومعظمها مع الوحدة الطبية، محظوظة في بعض النواحي لمستقبل الصواريخ. وقال "هيرمان أوبيرث" أنه من الأفضل عندما كتب أن واحدا من أهم الأشياء التي تعلمها في سنواته كطبيب مجند، هو أنه "لا يريد أن يكون طبيبا"، وعندما انتهت الحرب، عاد البروفيسور "أوبيرث" إلى الجامعة من ميونيخ، ولكن هذه المرة لدراسة الفيزياء مع العديد من العلماء الأكثر وضوحا في ذلك الوقت.

في عام 1922 رفضت أطروحة الدكتوراه "أوبيرث" على الصواريخ. ثم نشر عمله الخاص المؤلف من 92 صفحة سرا في يونيو 1923 ككتاب مثير للجدل إلى حد ما،وهو "Die Raketezu den Planetenräumen" "الصاروخ في فضاء الكواكب". وبحلول عام 1929، وسعت "أوبيرث" هذا العمل إلى كتاب مؤلف من 429 صفحة بعنوان "WegezurRaumschiffahrt" "سبل التجول الفضائي"، ووصف في وقت لاحق رد فعله: "لقد امتنعت عن كتابة واحدة أخرى، والتفكير في نفسي لا يهمني، وأنا سوف أثبت أنني قادرة على أن أصبح عالما أكبر من بعض منكم، حتى من دون لقب الطبيب"، واستمر قائلا في الولايات المتحدة، غالبا ما يتم التعامل معي كطبيب.

الشكل 17.1: صورة للبروفيسور هيرمان أوبيرث[2].

ومع ذلك، أود أن أشير إلى أنني لست مثل هذا ولن أفكر أبدا في أن أصبح واحد منهم". وعلى التعليم كان يقول هذا" نظامنا التعليمي يشبه السيارات التي لديها أضواء خلفية قوية، لكن التطلع الى الأمور بالكاد يمكن تمييزها ".

أصبح "أوبيرث" عضوا في "جمعية لسفينة الفضاء Society for SpaceshipTravel" اسمها باختصار هو "VFR" وهي مجموعة من الشباب الذين يطمحون في صناعة صواريخ الهواة والذي كان هو الأخير قدوة لهم حيث استلهمت الكثير من كتابه، وعمل "أوبيرث" كمرشد للمتحمسين الذين انضموا إلى الجمعية. "أوبيرث" تفتقر إلى فرص العمل أو لتدريس على مستوى الكلية أو الجامعة، كما فعل العديد من الخبراء المتعلمين جيدا في العلوم الفيزيائية والهندسة في الفترة الزمنية من 1920م من خلال 1930م [2] [12].

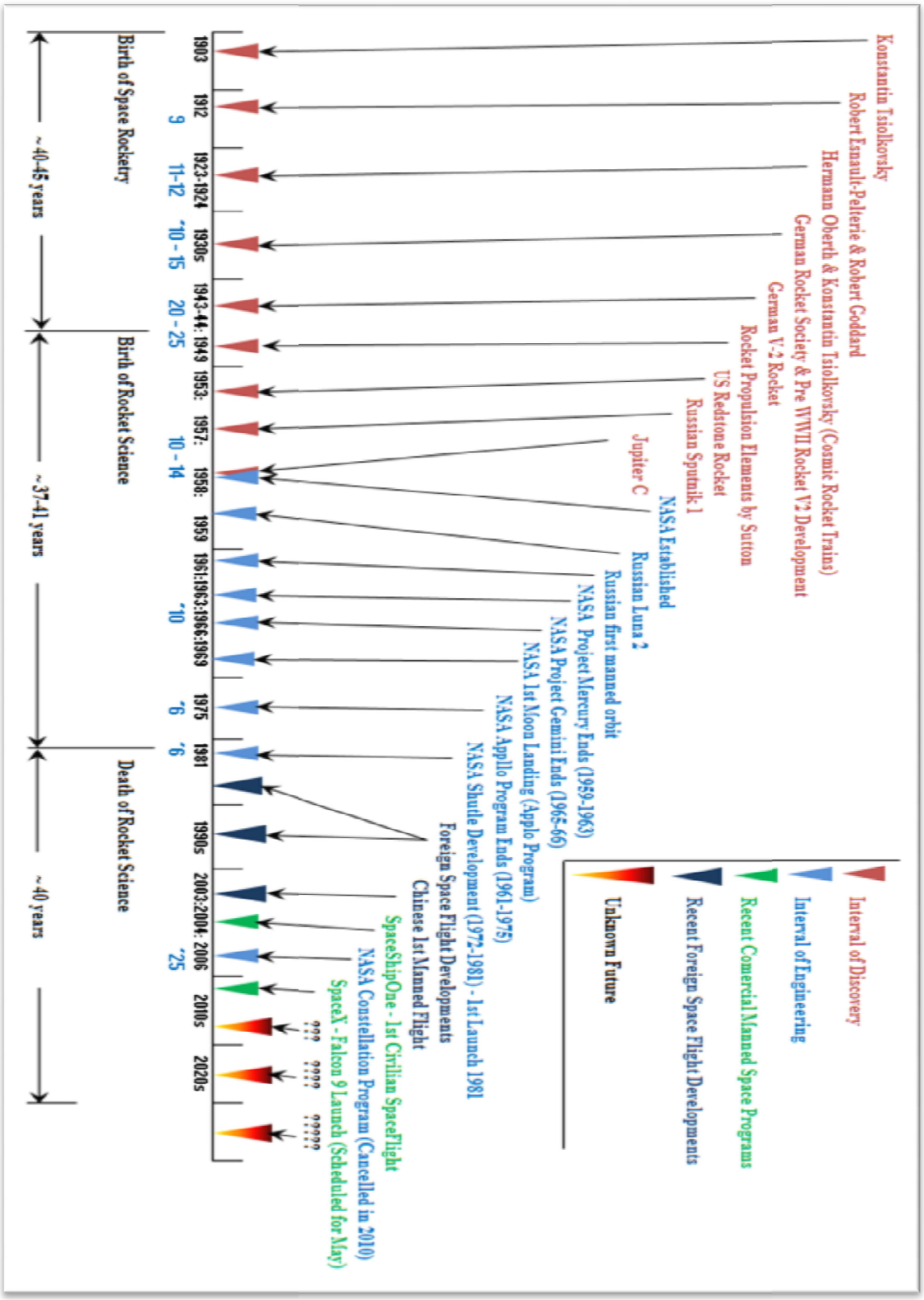
من المثير للاهتمام، على الرغم من أن هؤلاء الرواد الثلاثة وصلوا إلى العديد من الاستنتاجات نفسها حول إمكانية سقوط صاروخ على سحب الجاذبية الأرضية، يبدو أنهم قد فعلوا ذلك دون أي معرفة من عمل بعضهم البعض، ومن هنا نقول أن أي عمل أو تطور على الصواريخ يأتي بعد هؤلاء العلماء الثلاثة.

"فيرنر فون براون ـ Wernher von Braun" ولد في(23مارس - 1912 توفي في 16يونيو1977)، هو فيزيائي صواريخ ومهندس طيران وفضاء ألماني. كان " ف ف براون" من أول المساعدين على

تطور التقنية الصاروخية في ألمانيا والولايات المتحدة.قاد "براون" برنامج ألمانيا لصناعة الصاروخ V-2 قبل وخلال الحرب العالمية الثانية حيث قتلت صواريخ هذا البرنامج 7000 شخص في بريطانيا عامي 1944 و1945. بعد الحرب العالمية الثانية لم يعاقب " ف ف براون" من قبل الحلفاء بل تم غض الطرف عن نشاطاته السابقة وأخذ إلى أمريكا. فيما بعد منح الجنسية الأمريكية، وعمل ضمن برنامج ICBM الأمريكي قبل انضمامه إلى وكالة ناسا للفضاء، حيث عين مديرا لمركز تشريفات الطيران الجوي، والمهندس الرئيسي لمركبة استكشاف زحل الخامسة. "براون" هو شخص الذي أعطى أكبر دفع العمل الفضائي الأمريكي نحو القمر .لذا يعتبر براون "أب" البرنامج الفضائي الأمريكي[14].

الشكل 18.1: صورة لبراون في وكالة ناسا للفضاء الامريكية "NASA" [13].

برنامج ICBM "الصواريخ عابرة القارات Intercontinental Ballistic Missile" هي صواريخ بعيدة المدى الأمريكي أن مداها أكبر من 5.500 كم صممت في الأساس لحمل الأسلحة النووية لإصابة أهدافها.



الشكل 19.1: كرونولوجيا لجرد أهم علماء الصواريخ في القرن العشرين [9].

5.1 – خاتمة:

نستخلص من هذا الفصل أن فكرة استعمال البارود وتطويره من مقذوفات و طوربيدات إلى صواريخ بعيدة المدى هي الفكرة الأساسية للوصول إلى الصواريخ الحديثة حيث انتشر استعمال البارود من خلال الحروب. نقل المغول فكرة استعمال البارود الذي استعمل ضدهم في حربهم مع الصينين عام 1232 م، وزاد انتشار هذه الفكرة من خلال المد المغولي وكذلك الحرب الصليبية السابعة التى استعمل فيها العرب ولأول مرة الطوربيدات ضد الفرنسيين، وهكذا انتشرت فكرة البارود بشكل كبير وزادت سرعة انتشاره من خلال مطبعة غوتنبرغ التى وسعت الفكرة في أوروبا من خلال طبع الكتب والمجلات التى تصف البارود والصواريخ بشكل مفصل. من هذه الأفكار قام كل من الآباء الثلاثة للصواريخ الحديثة "كونستانتين تسيولكوفسكي" و " هيرمان أوبيرث " و "روبرت هتشينغزغودارد" في وقت واحد وبشكل مستقل عن بعضهم البعض بوضع الأسس والقوانين اللازمة للصواريخ الحديثة الصاعدة للفضاء.

قائمة المراجع

[1] Mir Najabat Ali, " Inventions That Changed the world part1", national book trust, India new Delhi.

[2] Williamson, M., (2006) " Spacecraft Technology The early years", Institution of Engineering and Technology, London.

[3] Gvilelmvs Schmidt , Heronis Aliexandrin , 1988"Opera Ovae svpersvnt Omnia " i.e Herons Von Alexandria "Druckwerke Und Automatentheater " digitied by the Internet Archive in 2011 with fundigng from University of North Carolina at Chapel Hill.
'"set http://www.archive.org/details/heronsvonalexandhero '"

[4] https://www.nasa.gov/pdf/153410main_Rockets_History.pdf

[5] https://weaponsandwarfare.com/2015/10/18/hassan-al-rammah/

[6] A. Bowdoin Van Riper., (2004)," Rockets and Missiles - The Life Story Of A Technology Green Wood Press", Westport, Connecticut - London

[7] http://ottoman-state.blogspot.com/2013/04/blog-post_13.html

[8] https://history.msfc.nasa.gov/index.html

[9] G. A. Robertson, D. W. Webb," The Death of Rocket Science in the 21st Century", Institute for Advanced Studies in the Space, Propulsion & Energy Sciences.

[10] Nikolai Fedorov and His Followers ," THE Russian Cosmists the Esoteric Futurism of Nikolai."

[11] https://www.grc.nasa.gov/www/k12/TRC/Rockets/history_of_rockets.ml

[12] Joseph A. Angelo, Jr," Space Technology Green Wood Press Westport", Connecticut• London,2003

[13] Greenbelt, Maryland," National Aeronautics and Space Administration", NASA Facts Goddard Space Flight Center.

[14] Spangenburg and Diane Kit Moser," Wernher von Braun-Rocket Visionary", Revised Edition-Ray -Chelsea House an imprint of Infobase Publishing .2008, 1995 by Ray Spangenburg and Diane Kit Moser

[15] https://en.wikipedia.org/wiki/Johannes_Gutenberg .

الفصل الثاني

الحالة الراهنة لعلم وتكنولوجيا الصواريخ

1.2 ـ مقدمة :

بعد تعرفنا على فكرة الصواريخ والعلماء الذين كرسوا حياتهم من اجل الارتقاء بالحضارة الإنسانية واكتشاف الفضاء، فالإشكالية أصبحت في التجسيد على ارض الواقع، الإشكالية الأولى ليس من السهل في ذلك الوقت أن يتم إقناع الشعب أو الحكومة بهذه الأفكار التى تفوق قدراتهم الخيالية حيث تم وصف العلماء بالمجانين والمختلين عقليا والى أخره من تهجمات أخرى، و الإشكالية الثانية نقص المواد والتكنولوجيا، ورغم كل هذه العوائق والصعوبات لم يتوقفوا علماء الصواريخ من طرح أفكارهم على العالم آملين أن يساندوهم في تلبية طموحاتهم، إلى أن تشكلت جمعيات ونوادي تدعم هذه الأفكار ولكن لم تكن كافية بالشكل الجيد إلى أن توجه العالم بهذه التكنولوجيا إلى الحروب حيث كانت الحروب السبب الرئيسي لتطور تكنولوجيا الصواريخ وبشكل فائق السرعة، ففي هذا الفصل سنتطرق إلى معرفة أين المنعرج الذي غير مجرى التاريخ، والتطورات التى حدثت فيما بعد إلى غاية وصول العالم للصواريخ الحديثة.

2.2 –البدايات، فترة مابين الحربين:

تعود جذور تطوير الصواريخ المعاصرة إلى جمعيات ونوادي الصواريخ للهواة الألمانية خصوصا "جمعية الرحلات الفضائية - Verein für Raumschiffahrt (VFR)"، التي كانت مشتلة للمتخصصين الناشئة مثل "فيرنر فون براون" ومع ذلك، كان الجيش الألماني، و باستخدام التكنولوجيا الناشئة كسلاح للحرب، فكانت هذه التكنولوجيا تشمل الصواريخ وكان فرع المقذوفات والذخيرة مهتما فقط بجمع بيانات علمية حقيقية عن الدفع الصاروخي. لم يعترض "بيكر" على توفير التمويل للأفراد أو المنظمات إذا كان الأفراد المذكورين قادرين على إنتاج بيانات قابلة للاستخدام. وكانت المشكلة أن هذه الجماعات استقطبت قدرا كبيرا من الدعاية، وهذا ما جعل الجيش يسحب دعمه للنادي. في أواخر عام 1931، سحب أحد الداعمين الرئيسيين الدعم المالي والتمويل من "VFR". وشهد فصل الشتاء القادم تفاقم الأوضاع الاقتصادية، مما ساهم أيضا في حل بطيء لعضوية "VFR". وعلى نحو متزايد، كان الأعضاء يقولون إنهم لا يستطيعون تحمل رسوم النادي. في بداية عام 1932، انخفض عدد الأعضاء إلى ما يقرب 300 عضو بعد وصول النادي إلى قرابة الألف عضو في هذه المرحلة كتب "رودولف نيبيل" تقريرا يشرح فوائد استخدام صواريخ بعيدة المدى والمدفعية. وبعد بضعة أيام، زار ممثل الجيش "رينيكندورف" لتفقد مرافق الصواريخ التي عرضت تبدو صغيرة جدا وأولية. و طلب أن يتم عرض البيانات التي تم جمعها مثل المنحنيات التوجه، واستهلاك الوقود، ودرجات الحرارة الداخلية، ولكن لم يقدموا أي مساعدة للنادي. في 23 أبريل 1932، زارهم الجيش مرة أخرى وأعطاهم عقدا صغيرا إذا تمكن من بناء صاروخ من شأنه أن يصل بنجاح 3000 إلى ارتفاع مترا [1].

عقد الاتفاق عل إطلاقه في المستقبل القريب ليتم تحديد المكان من قبل الجيش الألماني في "فيرسوتشستيل" الغربية (محطة التجريبية الغربية)، وقد تم شراء المواد اللازمة من خلال مكتب أسلحة الجيش، وفي أوائل عام 1931 بدأ العمل في نطاق المدفعية في "كومرزدورف". وسرعان ما أقيمت محطة اختبار لمحركات الصواريخ ذات الوقود الصلب، تلاها تركيب أحدث معدات القياس التي يمكن العثور عليها، في صبيحة أحد أيام شهر جويلية عام 1932 اجتمع أعضاء النادي بالقرب من "كومرزدورف"، حيث التقوا الكابتن "دورنبرغر". قاد "دورنبيرجر" المجموعة إلى موقع معزول. وقد فوجئت المجموعة بالاطلاع على العديد من أدوات القياس العلمية الموجودة بالفعل في الموقع، وبعضها غير معروف لمعضم الهواة. كان الصاروخ "VFR" في مكانه ليطلق ظهيرة ذلك اليوم ليرتفع بضع مئات من الأمتار وينحرف عن مساره ليصبح غير مستقر ويتحطم لم يعجب ممثلو الجيش بالتجربة، لأن أداء الصاروخ لا يفي بالمتطلبات المنصوص عليها في إتفاق و بعدها قرر الجيش قطع جميع علاقاته مع "VFR" [1].

كان أعضاء النادي يأملون في الحصول على تمويل من الجيش لمواصلة تجاربهم، ولكن مع وصول "أدولف هتلر" إلى السلطة منع جميع تجارب الصواريخ ومناقشتها خارج الجيش الألماني [2].

في 1 نوفمبر 1932، وقع "فون براون" عقدا مع "رايشزوهر" لاجراء البحوث لتطوير الصواريخ كأسلحة عسكرية، وبهذه الصفة صرح للكابتن "والتر دورنبيرجر" إن ارتباطه مع "دورنبرغر" سيستمر لأكثر من عقد من الزمان، في العام نفسه بمنحة من الجيش، التحق "ف. براون" بجامعة "فريدريش فيلهلم ونيفرزيتات" أين تخرج بعد عامين مع دكتوراه في الفيزياء، تناولت أطروحته المشاكل النظرية والعملية لمحركات الصواريخ التي تعمل بالوقود السائل، قبل تخرجه، كان "ف ف براون" مشغولا بإجراء أول تجاربه الصاروخية في "كومرزدورف"، وهي مجموعة مدفعية قديمة للجيش خارج برلين. انضم عدد قليل من زملاء فون براون من أيام "VFR" وبدأ العمل على نموذج الصاروخ A1 ما سوف يتطور لاحقاإلى A2 و A3. وقد تم اختبار هذه الصواريخ بنجاح قبالة ساحل ألمانيا في بحر الشمال . [2]

بحلول ديسمبر من عام 1932، كانت محطة التجارب الغربية في "كومرزدورف" في تزايد. وقد تم تشييد مبان جديدة مثل ورش العمل والمكاتب وغرف الصيانة وغرف النوم المظلمة وغرفة القياس. وبالإضافة إلى محطة اختبار المحرك التي تعمل بالوقود الصلب، أضيفت محطة اختبار جديدة تعمل بالوقود السائل، وهي أول محطة في ألمانيا. تم وضع اللمسات الأخيرة على خطط لتصاميمها الأولى والاختبارات على مدى الأشهر القليلة القادمة، كان كل شخص على فريق "دورنبرجر" في القسم 1 إما مشغولا بتصميم أو بناء مكونات لأول اختبارات صاروخية للمحرك [3][1].

خلال عام 1932، كانت الظروف السياسية في ألمانيا في حالة من الفوضى، بسبب الكساد الاقتصادي في جميع أنحاء العالم في أعقاب تحطم سوق الأسهم الأمريكية في عام 1929. وبعد فوز الحزب النازي بالرئاسة تحت زعيم ثوري جديد جذري "أدولف هتلر". وبعد عام واحد فقط، تم تعيين هتلر مستشارا للأمة الألمانية، وسرعان ما سيغتنم سلطات ديكتاتورية كاملة، ويفرض نفسه بخطاب وكلمات الى الشعب الألماني. كلماته القوية ضربت ما في قلب الجمهور الألماني، ووعد "أ هتلر" بأن تستعيد ألمانيا وضعها العالمي وقوتها، وسوف ينتعش الازدهار الألماني بيد أنه أثار أيضا التحيزات والكراهية الأعمق داخل المجتمع الألماني، "هتلر" سحق فورا أي معارضة سياسية محتملة بهذا الخطاب وكسب محبت الشعب، أصبح "شوتزستافيل" ضمن الفرقة التابعة للجيش باسم (SS)، من الحراس الشخصيين لـ"هتلر" وشملت صفوف SS بعض من نازيس الأكثر قسوة وحماس عين "هاينريش هيملر" رئيسا لهذه المنظمة، التي نفذت في نهاية المطاف بعض تصريحات "هتلر" الأكثر استنكارا وقد شجعت الدولة على تشجيع التعصب الموجه ضد الأقليات، ولا سيما ضد اليهود، ومن شأن هذا الميل أن يحتل مكانة بارزة في قصة الصاروخ [2].

ببطء شديد نمت العملية في الحجم. وكانت الاستعدادات جارية لبناء صاروخ من شأنه أن يأخذ في النهاية الرحلة. وقد تم دراسة خليط الوقود، والتدفق، والتبريد، والإشعال، ولكن فقط في ظروف الاختبار ثابت. سيتم اقتراح صاروخ جديد باستخدام Aggregat 1 (A-1). وكان متماسكا في التصميم المقترح.

النسخة ' A-1، التي سميت A-2. حافظ هذا النموذج على نفس النسب والأداء، ولكن تم نقل جهاز الاستقرار إلى مركز الصاروخ. تم الاحتفاظ بمحرك الدفع البالغ وزنه 300 كيلوجرام، ولكن تم إضافة خزان

أوكسجين سائل منفصل لمنع انفجار من الخلط أثناء الطيران بالطاقة. بعد إجراء الاختبارات الأولية، قرر الفريق في القسم 1 اختبار إطلاق نموذجين من تصميم A-2. كان نطاق "كومرزدورف" صغير جدا لإجراء هذه الاختبارات في سرية، لذلك في ديسمبر 1934، تم نقل الصواريخ اثنين الملقب "ماكس وموريتز"، إلى جزيرة بحر الشمال من "بوركوم" كان الطقس الشتوي منعيا إلى حد ما ومع ذلك، تمكنت المجموعة من إطلاق الصاروخ الأول بنجاح في 19 ديسمبر 1934، سقط الصاروخ على الشاطئ ليس بعيدا جدا عن برج الاطلاق في اليوم التالي تم إطلاق المثال الثاني واحترق محرك الدفع 300 كلغ لمدة 16 ثانية، وبلغ الصاروخ نحو نفس الارتفاع كما في أول وكان فريق الصواريخ نشيطة هنا كان الصاروخ الحقيقي الذي أدى إلى توقعاتهم تم إرسال كلمة النجاح إلى "دورنبيرجر" في "كونيغسبروك"، الذي كان في الخدمة كقائد مع أول نيبلويرفر بطاريات المدفعية الصاروخية الصلبة. "دورنبرجر" كان سعيدا لديهم الآن شيء لتظهر للاستثمار الذي أدلى به الجيش [1].

في منتصف جانفي 1935، تلقت "كومرزدورف" زيارة من الرائد "ولفرام فون ريشتوفن" وكان "فون ريتشوفن" رئيس أبحاث الطائرات. كان مهتما في تطوير الطائرات التى تعمل بالطائرات الصاروخية. وسأل فريق "كومرزدورف" إذا كان بإمكانهم تصميم مثل هذه الأنظمة العمل كمقاول، قبل موظفو كومرزدورف التحدي ـ وذلك أساسا لأن لوتوفواف قدمت المزيد من الأموال البحثية تم توقيع عقد، وخلال بضعة أسابيع، جلبت شركة طائرات هينكل مهندسيها الخاصين إلى كومرزدورف، مما يساعد على تثبيت محرك صاروخ الدفع 1000 كيلوغرام في طائرة هينكل هو 112 المقاتلة. في أوائل أبريل من عام 1937، تم تعديله بنجاح [1].

طوال هذا الوقت، القسم 1 في "كومرزدورف" كان تطوير محركات الصواريخ أكبر وأكثر قوة. وبفضل الوعود الكبيرة، وفرت هذه المحركات الجديدة دفعات تبلغ 1000 و 1500 كيلوغرام. تم بناء العديد من منصات الاختبار الجديدة لاستيعاب هذه التصاميم الكبيرة للمحرك. وكان الأكثر تقدما هذه هي موقف اختبار مخصص للنموذج أغريغات 3 .(A-3) وكان الغرض من A-3 لإجراء المزيد من الاختبارات مع محركات الصواريخ أكبر وأكثر قوة ودمج الاختبارات الأولية في أنظمة التوجيه الوليدة، وبحلول عام 1936، أصبح من الواضح لمعظم الناس في "كومرزدورف" أن الحدود الصغيرة على ما يبدو من محطة التجريبية الغربية غير مناسبة لرحلات الاختبار. ولم تكن مجموعة "كومرزدورف" صغيرة جدا لإطلاق الصواريخ التى تعمل بالوقود السائل، إلا أنه لم يعد بالإمكان توسيعها. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يتعرض الأمن للخطر بسهولة إذا بدا سكان برلين إلى الجنوب وشهدوا صواريخ اختبار ارتفاع السماء. أيضا، كانت الأمور مزدحمة. وقد تم حصر ورش العمل ومرافقه مع أكثر من 80 شخصا في هذا الوقت. وأقنع دورنبرجر في نهاية المطاف اللواء فيرنر فون فريتسش، رئيس رايشزوهر، بزيارة كومرزدورف في مارس من عام 1936. كان يجب أن تكون الرحلة مفاجئة، لأنه عندما انتهت الزيارة، قال فون فريتش ببساطة: "كم من المال تريد " واقترح لهم مكان آمن ومعزول. كان يسمى بينيموند. يقع هذا الجزء المشمس والهادئ من ألمانيا على بحر البلطيق عند مصب نهر الراين على جزيرة يوزدوم. الجيش و لوفتواف سكب المال في التنمية المشتركة بينيموند. وقد تم بناء مجمع ضخم من المباني للسكن والاختبار

والتصنيع والتنمية. وسيكون الموقع في نهاية المطاف موطنا لأكثر من 2 000 عالم و 4 000 موظف آخر [1][3].

وكانت أول طائرة من طراز A-3 جاهزة للإطلاق في نهاية عام 1937. وكانت هذه السنة مثيرة بالنسبة للمجموعة. بعد أن انتقلت إلى المرافق المكتملة جزئيا في بينيموند في ربيع عام 1937، أنها وضعت اللمسات الأخيرة على تجميع أربعة نماذج A-3، والآن على استعداد لإطلاق من منشأة جديدة. ومع ذلك، كانت تجري رحلات الاختبار في الواقع على جزيرة صغيرة من غريفسوالدر أوي، على بعد مسافة قصيرة من طرف بينيموند. وفي وقت سابق من ذلك العام، قامت الطواقم بتشييد منصة إطلاق ملموسة مع مخبأ لمراقبة تحت الأرض بالقرب من حافة خط الشجرة.موصولة بكابلات التحكم من المنصة إلى المخبأ وتم توصيل خط هاتفي بالمنارة الوحيدة القريبة [1][2][3].

تم إطلاق أول A-3 صباح يوم 4 ديسمبر 1937. وكان الإقلاع جيدا، ثم بشكل غير متوقع، خرجت المضلة قبل اوانها وتحول مسار الصاروخ بسبب الرياح وتحطم على بعد حوالى 300 متر من موقع الإطلاق. تسبب نشر المظلة في وقت مبكر في تشخيص خاطئ لانحراف الطيران، وهذا كان مربكا عندما حدث مرة أخرى بعد بضعة أيام خلال رحلة اختبار A-3 الثانية [1][2][3].

تمت إزالة المظلة خلال إطلاقها الثالث في 8 ديسمبر، ولكن لا يزال الصاروخ غير مستقر بسبب الرياح الشديدة. وحققت محاولة إطلاق رابعة نفس النتائج. تذكر دورنبرغر وفون براون توقعات الدكتور هيرمان فقد أثبتت اختبارات نفق الرياح A-3 أنها صحيحة. وكان الصاروخ معرضا للرياح العاتية، ولم يكن نظام التحكم الثلاثي الجيروسكوبي الجديد كافيا لإجراء التعديلات اللازمة لتصحيح المسار، كان هناك حاجة إلى صاروخ اختبار جديد لتسوية المشاكل التوجيهية التى لا تزال تواجه فريق الصواريخ تم وضع عدة وإقتراحات لتحسين تصميم A-3 . تم بناء نفق الرياح الأسرع من الصوت الأكثر تطورا في العالم، والذي سيحاكي في نهاية المطاف سرعة تشغيل أكثر من 4 ماخ، في قلب المختبر ومنطقة ورشة عمل بينيموند الشرق [1][2].

بعد تعديل وبسرعة للديناميكا ، والعمل مع نماذج محفورة باليد مع مختلف التكوينات زعنفة، الذين وضعوا التصميم الأساسي لل A-5 وبعد ذلك .A-4 وقد أعطيت بالفعل تسمية A-4 إلى الإصدار النهائي لإنتاج سلاح، وبالتالي أعطيت الصواريخ اختبار سرير جديد رقمA-5 ، على الرغم من أنه كان خارج التسلسل. فإنه يشبه A-4 ولكن بحجم اصغر، دمج نفس التصميم الهوائية كما سلاح المستقبل جنبا إلى جنب مع نظام التحكم التوجيه بالقصور الذاتي الجديد. وعلى الصعيد الداخلي، ظلت العديد من مكونات A-3 هي نفسها، وكان المحرك يعمل بالطاقة نفسها. بيد أن الطائرة A-5 ستحمل نظاما للأوامر الراديوية للتحكم الأرضي في قطع المحرك والنشر بالمظلة عن بعد. وبينما تحرك البناء قدما على نفق الرياح في بينيموند، استمر الاختبار في آتشن. تم إطلاق نماذج صغيرة لاختبار التصاميم المختلفة للزعنفة، تليها أول رحلات اختبار فعلية للطائرة A-5 في أكتوبر من عام 1938 [3].

3.2 – التطويرات أثناء الحرب العالمية الثانية :

كان دورنبرجر قد أملى جدولا زمنيا متجددا لإنتاج واختبار A-5. وينبغي أن يكون لل A-5 القدرة على تنفيذ جميع المهام البحثية الطيران التى كانت ضرورية لمتطلبات التصميم النهائي على أكبر A-4. وشمل ذلك الشكل الباليستى، والقدرة على المرور من خلال حاجز الصوت، والتوجيه في جميع أنحاء حرق جزء من رحلة الصاروخ. في انتظار المقاولين الصناعيين لوضع اللمسات الأخيرة على المعدات جيروسكوبيك جديدة، أطلق فريق بينيموند أربعة صواريخ غير موجهة A-5S من غريفسوالدر أوي وكان مسرور مع نتائج كل رحلة [1].

كان يوما باردا وممطر في ربيع عام 1939 عندما زار "هتلر" محطة "كومرزدورف" التجريبية مع المشير "فون بروشيتش" والجنرال "كارل بيكر" من قانون الجيش. ومن بين الحضور الآخرين النائب "فهرر رودولف هيس" و"مارتن بورمان"، وعدة آخرين. بحلول هذا الوقت، كان بينيموند كان أكثر تمثيلا للبحوث الصاروخية المعاصرة، وبعد شرح كل التفاصيل والخطط بدا "هتلر" غير مهتم إلى حد ما. وتابعوا دورنبرغر إلى مراكز اختبار، حيث تم إعداد عدة اختبارات للمحركات استعدادا لـ "هتلر" تم إطلاق محرك دفع 300 كيلوغرام. وكان هؤلاء المصاحبون لهتلر يبتسمون والحماس ظاهر على وجوههم، في حين قال هتلر لا شيء. بعد ذلك كان إطلاق ثابت آخر لمحرك دفع أقوى بقوة 1000 كيلوجرام. الضجيج من المحرك الثاني جعل هتلر يجفل، ولكن على خلاف ذلك انه لا تظهر أي مشاعر على الإطلاق [1].

وبينما انتقل الحزب الى موقف الاختبار الثالث، اطلع دورنبيرجر هتلر على التقدم فى بينيموند. تم وضع نموذج لـ A-3 تبين مختلف المكونات، وعند هذه النقطة بدأ فون براون بشرح الأعمال الداخلية للصاروخ. أصبح هتلر أكثر اهتماما تدريجيا، وفحص الصاروخ والاستماع عن كثب لتعليقات فون براون. حتى انه طرح بعض الأسئلة، واحدة عن الحاجة لمثل هذا الوقود الغريب. استجاب فون براون باحترام، موضحا الحاجة لسرعات عادم عالية للحصول على السرعات اللازمة لتوسيع نطاق الصاروخ. في ختام خطاب فون براون، تحول هتلر بعيدا عن اهتزاز رأسه. ومن غير المعروف ما إذا كان هتلر قد خسر جدوى الصاروخ أو إذا كان قد طغى عليه تعقيده. وفي وقت لاحق من فوضى المحطة، تردد هتلر في تبنى التكنولوجيا المبتكرة من الصاروخ، ولكن هؤلاء العلماء تابعو بحوثهم وابتكاراتهم [1].

في 22 ديسمبر 1942، تم استدعاء الجنرال دورنبرغر مع الوزير ألبيرت سبير لحضور اجتماع مهم في وزارة الحرب في برلين. وقدم هتلر لهم توجيهات لبناء "بلوخهاوس" صلبة في شمال فرنسا حيث صواريخ V-2 يمكن أن تهاجم انكلترا. وستكون هنالك عدة مشاريع من نوع V-2 في شمال فرنسا، إلى جانب مشروعي V-1 و V-3 الذي كان جاريا أيضا. بدأ التحضير لمخازن إطلاق V-2 في أواخر عام 1942. في ديسمبر وجانفي، قام ضباط ومهندسون وعلماء من أوبيرستليوتنانت ثوم و بينموند بتمشيط ريف شمال فرنسا بحثا عن المواقع المناسبة [3].

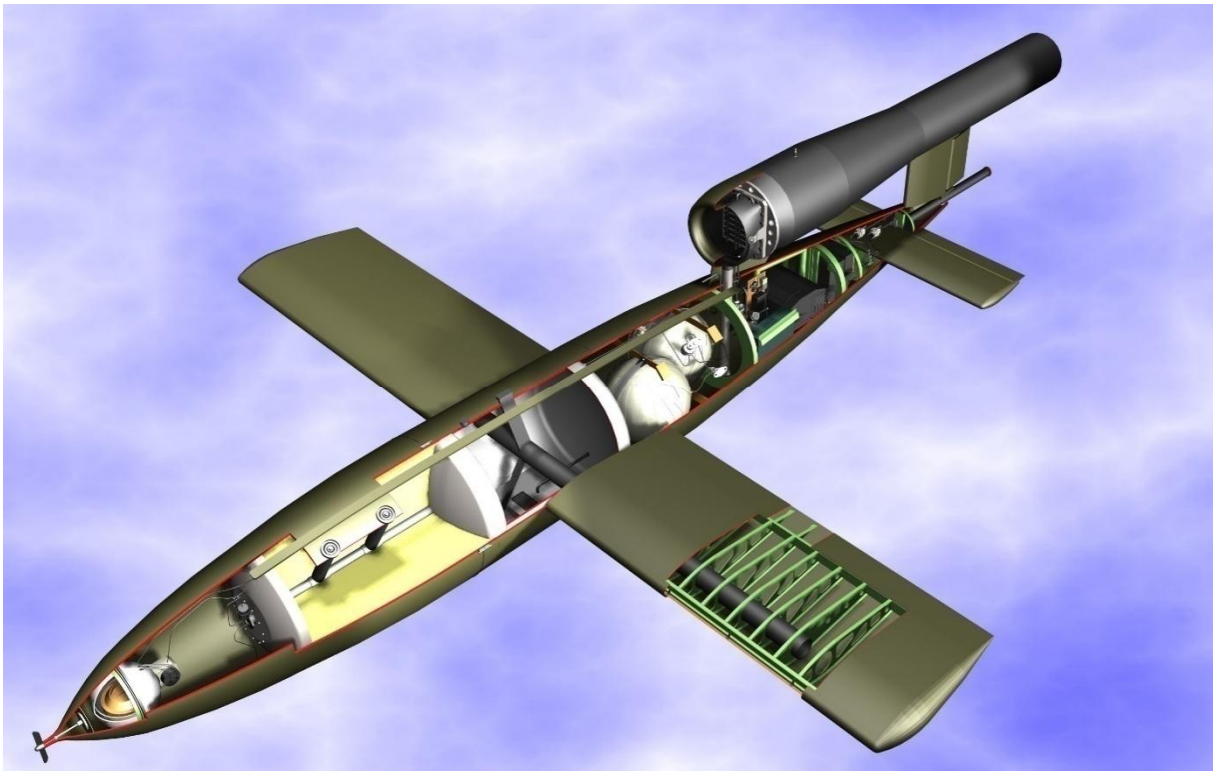
الشكل 1.2: زيارة هتلر لمحطة كومرزدورف التجريبية [1].

كان العلماء في بينموند لصالح مخابئ كمكان حيث V-1 و V-2 يمكن أن تكون في بيئة تسيطر عليها ويمكن إجراء فحوصات دقيقة جدا لكل صاروخ قبل اطلاقه. وكانوا يخططون بالفعل لهذا النوع من الوزع، مع وضع خطط ونماذج بالفعل. تم احتساب جميع المكونات بما في ذلك الثكنات لايواء الشخص 300ـ250 [3].

الشكل 2.2: صورة لي محرك الفاو-2 (V-2) في انفاق محطة التصنيع بينموند "اصبح متحف في الوقت الحالي ولايزال تقريبا 20 نموذج من صواريخ الفاو2 ـ إحصائيات عام 2014".

الصاروخ المجنح V-1 كان يسمى رسميا "فيسلر F-103 " وهو عبارة عن طائرة بدون طيار، مزودة بمحرك نفاث و نظام جيروسكوبات مرتبط بدفة التوجيه، تم تصميم V-1 للإنتاج الضخم وكانت الأجنحة وجسم الطائرة مصنوعة من الصفائح المعدنية، وكان المحرك بسيط "النبض النفاث" (أكثر قليلا من أنبوب شكل بعناية مع حاقن الوقود وشاعل)، وقد بنيت نظام التوجيه ببارعة وبساطة وقد تم بناء ثلاثين ألفا من طراز V-1 في كل شيء، وفي الفترة ما بين يونيو 1944 و مارس 1945 تم إطلاق 10،000 من إنجلترا من مواقع الإطلاق على سواحل فرنسا وهولندا. سقط سبعة آلاف على التربة الإنجليزية، أي أكثر قليلا من نصف في لندن وضواحيها. كان ل V-1 تأثير كبير في صيف عام 1944. صد الحلفاء هجومات V-1 بسرعة كبيرة وذلك من خلال المدفعية المضادة للطائرات وما يميز هذا النوع من الصواريخ صوتها العالي والتى كانت تلقب بـ"القنبلة الطنانة" وكان الضجيج يعنى أن صاروخا قادما (كما كان يقصد هتلر) زرع الخوف والقلق حتى في المناطق التى لم تسقط فيها، واشار بعض الشهود العيان ان كل من يسمع الصوت يبقى مرعبا الى ان يسمع صوت الانفجار بعيد ويتاكد ان الصاروخ ليس بالقرب منه وقال هاري بوتشر، وهو ضابط أمريكي كبير متمركز بالقرب من لندن "معظم الناس الذين أعرفهم"، هم شبه مدهورين من فقدان النوم ولديهم الاضطرابات التى تظهر عند انزلاق الأبواب أو أصوات المحركات من الدراجات النارية إلى الطائرات [3].

غير أن نجاح الطائرة V-1 انخفض بسرعة بعد منتصف أغسطس 1944. وقصفت مواقع إطلاقها من قبل قاذفات الحلفاء، وفي الوقت المناسب، تجاوزت من قبل قوات التحالف. وهرعت المقاتلات عالية الأداء إلى جنوب انجلترا، وطياريهم تدريجيا تطوير تقنيات تدمير الصواريخ. وجاءت الدفاعات الأكثر فعالية ضد V-1، وذلك من خلال المدافع المضادة للطائرات،و نظام الرادار الذي يكون من السهل الكشف عن الصاروخ قبل وصوله،واستمرت عملية القصف من طراز V-1 لمدة سبعة أشهر أخرى، ولكن الغالبية العظمى من الصواريخ أسقطت قبل وصولها إلى لندن [3].

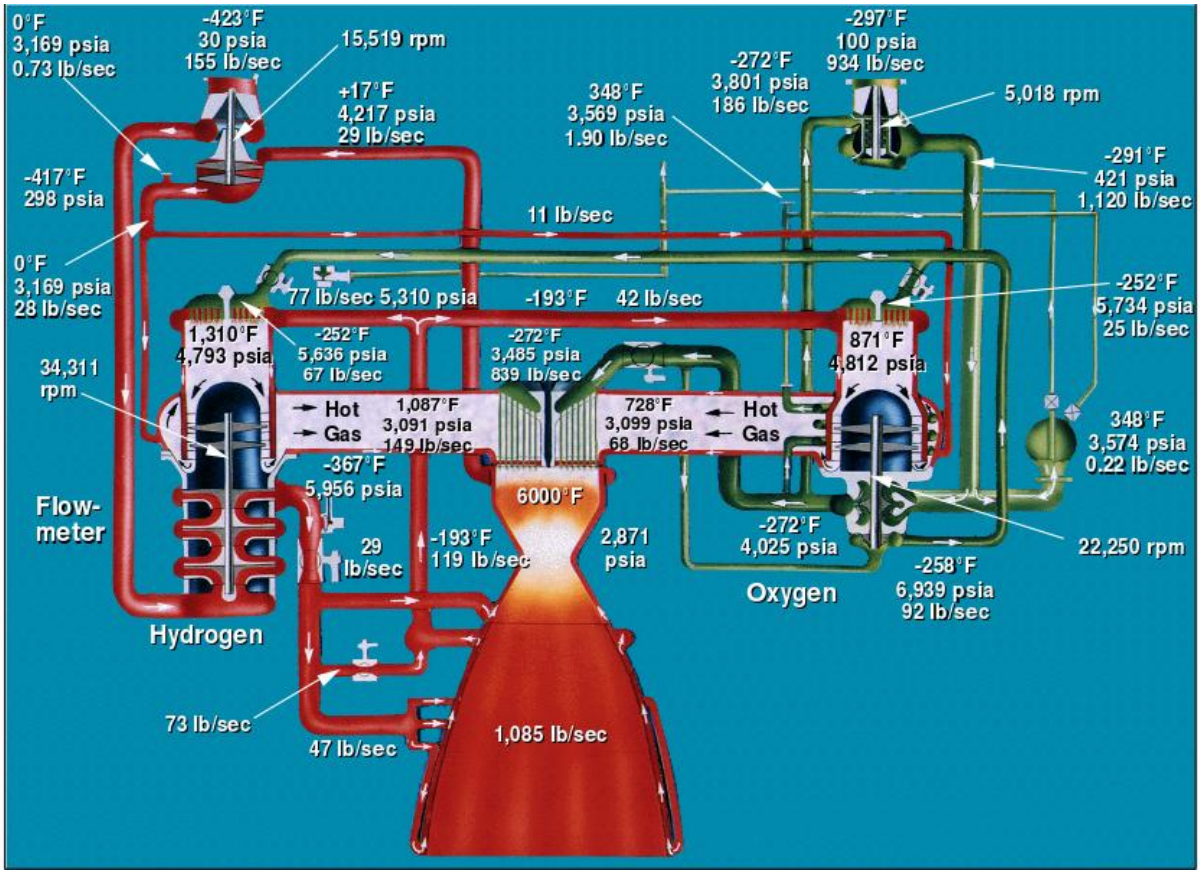


الشكل 3.2: رسم توضيحي لمكونات الصاروخ فاو1.

كان V-2 سلاح أكثر تطورا بكثير من V-1 ، وبالتالي، مشكلة أكبر بكثير للحلفاء، وكان هذا أول صاروخ باليستي عملي في العالم، ويهدف إلى أن يطلق عموديا ويرتفع إلى أعلى ارتفاع قبل الوقوع نحو هدفها تم تطويره من قبل الفريق الذي قاده "والتر دورنبيرجر" مساعد "كارل بيكر" و "فيرنر فون براون"، و هو تطوير لنماذج الصواريخ A-2 و A-3 التي طورها الفريق في أواخر الثلاثينات. كان V-2 مجهز بمحرك صاروخي تم تصميمه ببراعة وهو ذو غرفة احتراق واحدة (الشكل 2.2)، يحافظ الـV-2 على مساره من خلال نظام توجيه، يتكون من جيروسكوبات وجهاز كمبيوتر التناظرية البدائية (الميكانيكية). وقد قامت دوارات الجرافيت المنقولة، التي تتحرك وفقا لأوامر الكمبيوتر، بتوجيه الصاروخ عن طريق تحريك تيار العادم إلى جانب أو آخر. تم التحكم في المدى عن طريق وضع وقود أكثر أو أقل في الخزانات قبل الإطلاق عندما تم يتم قطع ضخ الوقود من قبل الجيروسكوب، فإن V-2 تتوقف عن الارتفاع وتصبح على شكل قذيفة حيث تتعدى سرعته سرعة الصوت عند ارتطامه بالأرض [3].

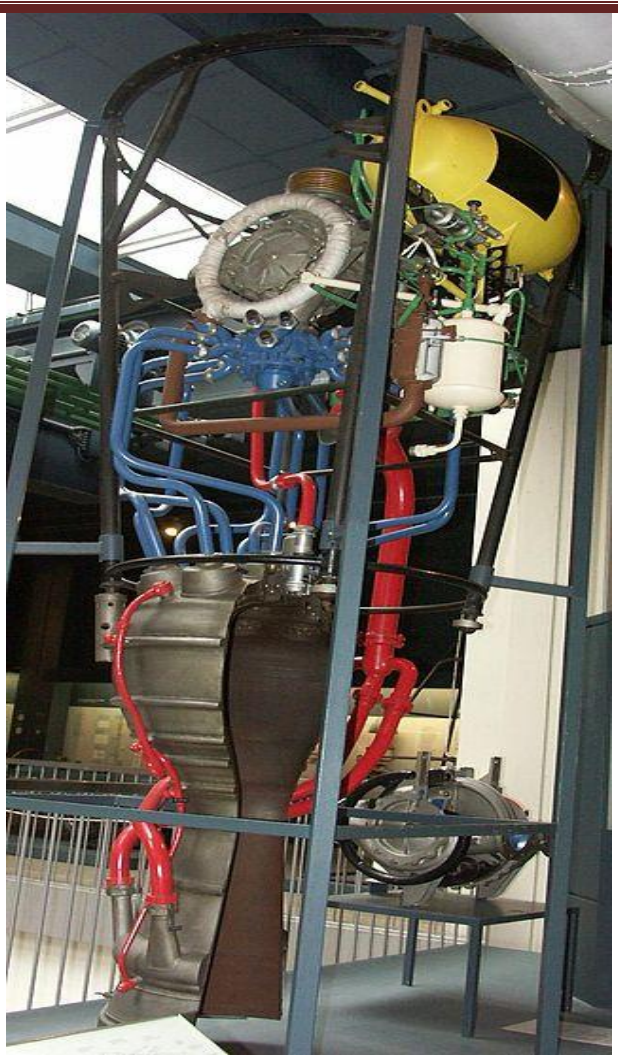
الشكل 4.2: صورة لتجهيز الصاروخ فاو2 بالوقود (اثناء ح. ع. 2) " المتحف التاريخ الألماني ـ ميونخ ".

كان الصاروخ V-2 صاروخ باليستي، وقد استرشد نظام جيروسكوبي المتقدمة التي أرسلت إشارات إلى علامات التبويب الهوائية على الزعانف والدوارات في العادم، و وقوده مزيج من الكحول (خليط من الكحول الايثيلي 75٪ و 25٪ من الماء)، والوقود الأكسجين السائل.يتم ضخ السوائل إلى غرفة الاحتراق من قبل مضختين مدفوعا بالتوربينات البخارية تعمل التوربينات البخارية في 5000 دورة في الدقيقة من خلال التفاعل بين بيروكسيد الهيدروجين (80٪) وخليط من برمنجنات الصوديوم 66٪ مع الماء 33٪. يحرق المحرك عادة لمدة 60 ثانية، ويدفع الصاروخ إلى حوالي (1341 ثانية/متر). وقد وصل ارتفاعه (83 إلى 93 كم) وكان يتراوح مداه من 321 كم إلى 362 كم. حملت V-2 رأس حربي متفجر أماتول وزنها حوالي (1 طن) التي كانت قادرة على تسطيح كتلة المدينة. تم إطلاقها لأول مرة في 8 سبتمبر 1944 ضد باريس ثم لندن، وكانت هذه بداية حملة V-2 [3].



الشكل 5.2: صورة توضيحية لتدفق الغازات داخل غرفة الاحتراق.

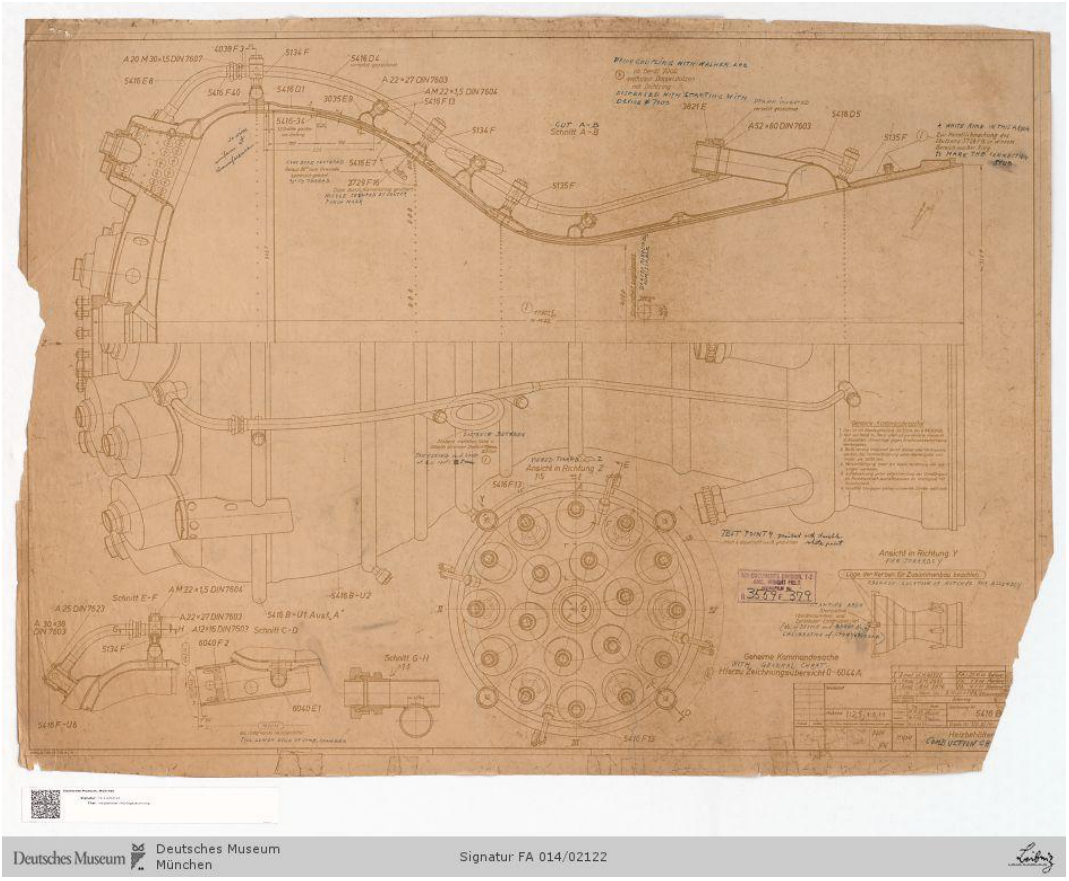
قبل الإطلاق يزن V-2 الفارغ 4539 كجم، وعند ملئه بالوقود والكحول والأكسجين السائل وبيروكسيد الهيدروجين وبرمنجنات الصوديوم، وتملأ بطاريات الهواء وبطاريات النيتروجين ما يصل إلى 200 بار، ويزن الصاروخ الآن 12700 كجم، الكابلات الكهربائية متصلة الآن والجيروسكوبات تدورو مدعومة من قبل 28 فولت / 60 أمبير، يتم توصيل الكابلات حتى إطلاق، بعد ضبط كل شيء، ضغط الهواء (32 بار) يضغط على بيروكسيد الهيدروجين وبرمنجنات الصوديوم في توربينات هذا يسبب التوربينات لتدوير 3800 دورة في الدقيقة هذا التوربينات يحرك اثنين من المضخات التى تضخ الكحول، في غرفة الاحتراق بـ23 بار عبر 1224 حاقن الكحول والأوكسجين السائل بـ 17.5 بار عبر 2160 حاقن الاوكسوجين يصل ضغط في غرفة الاحتراق حتى الى 23 بار عندها يتم اشعال الخليط، وتصل درجة حرارة 2500 درجة مئوية في 15 بار، ولكن لا تنتج دفعة كافية لرفع V-2 بعد فترة وجيزة من التحقق للتأكد من أن الدفع يعمل بشكل صحيح، يتم رفع سرعة الإحترق بالكابلات و يتم فصلها كهرومغناطيسيا [3].



الشكل 6.2: صورة لمحرك الفاو2 "متحف التاريخ الألماني ميونخ Deutsches schiffahrts Museum-Munich".

تصل درجة حرارة الغرفة حوالي 2700 درجة مئوية، يتم تبريد هذا الجدار عن طريق الكحول الايثيلي السائل المتدفقة عبر الجدار المزدوج انظر للشكلين (الشكل 7.2 و الشكل 8.2) لأنبوب شعاع وحرق الغرفة، التي تسخن أيضا الكحول الايثيلي في عملية حرق، يتم حقن الأوكسجين الأول، دون دخول الهواء، ثم حرق تلقائي من الوقود والأكسجين السائل، ثم الغازات تدفق بسرعة كبيرة إلى نهاية فوهة، خلال فترة الحرق حوالي 60 ثانية يتم توجيه V-2 من قبل 4 الدفات الجرافيت تحت تحكم جيروسكوب والتي تحافظ على محور العمودي لـ V-2 يتم التحكم ف دفتين بواسطة جيروسكوب ثاني ويتم التحكم في جيروسكوب الأخير من قبل جيروسكوب الثالث الذي يتأكد من الميل الأول سيكون على التوالي حتى بعد أن يتم تحويل حتى يتم التوصل إلى الارتفاع الصحيح، يتم الاحتفاظ بهذا الارتفاع حتى سرعة عالية بما فيه الكفاية للوصول إلى الهدف، وأخيرا الجيروسكوب الثالث يغلق إمدادات الوقود وبعد اغلاق الوقود يصبح الصاروخ بمثابة قذيفة المدفعية العادية [3].

الشكل 7.2: مقطع لغرفة الاحتراق لابراز ازدواجية الجدار" متحف التاريخ الألماني ـ ميونخ".

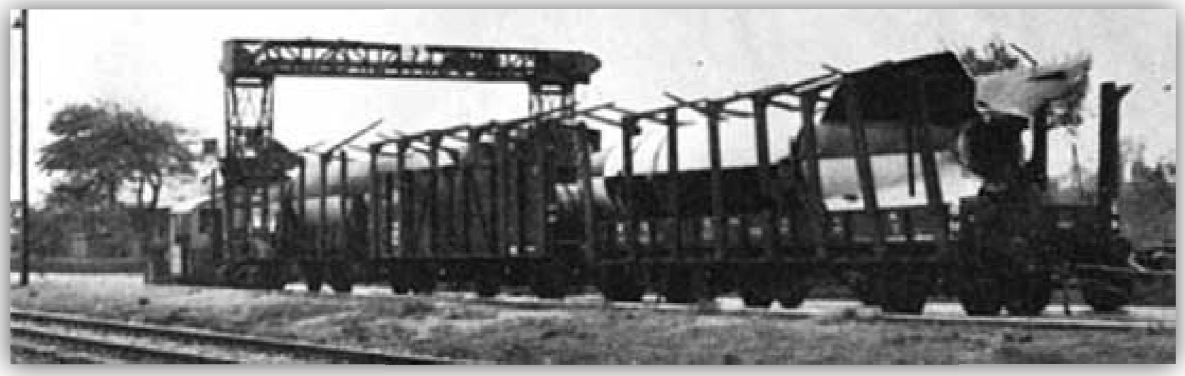


الشكل 8.2: المخطط الأصلي لغرفة الاحتراق الفاو2 "متحف التاريخ الألماني ميونخ واحدة من حوالي 2000 وثيقة تعود لفترة الحرب العالمية الثانية ".

يتم تزويد الوقود V-2 بكامله 4900 كيلوجرام وهو الأوكسجين السائل مع درجة حرارة ناقص 183 درجة مئوية و 3710 كيلوغرام من خليط من الكحول الايثيلي 75٪ و 25٪ من الماء تبخر الأوكسجين بسرعة بحيث بدأت شاحنة الصهريج في محطة التحميل مع 6400 كجم في هذا التوربينات، جلبت 385 درجة مئوية بخار التوربينات إلى 3800 دورة في الدقيقة كل ثانية [3].

فيما يتعلق بالمواد V-2 ، كانت هنالك حاجة إلى 6967 كلغ من المواد الخام (بدون المتفجرات والأجهزة) منها 3112 كلغ من الصفائح الرقيقة للهيكل الخارجي، وفي وقت حرق الوقود ما بين 65 و70 ثانية، قبل وقت قصير من اغلاق المحرك و V-2 / A-4 وزن 4040 كجم على ارتفاع 35 كم، بعد اغلاق الوقود يصل الصاروخ الى ارتفاع 80 الى غاية 100 كم ويسقط على الأرض بسرعة حوالي 3240 الى 3600 كم في الساعة، رغم انه غير دقيق في إصابة الأهداف الى انه مناسبة فقط للاستخدام ضد المناطق المأهولة بالسكان على نطاق واسع. وفي نطاقات الاستهداف الأقصر [3][1].

وكانت الطائرة V-2 سلاحا بعيدا عن الدقة، يمكن أن تصل بشكل تقريبا الى المدن الكبيرة، ولم يكن هنالك أي شك في اختيار مصنع معين أو قاعدة عسكرية معينة. كانت أداة حادة، تهدف إلى قتل الناس وتدمير الممتلكات عشوائيا. وكان تأثيره النفسي عكس V-1 بدلا من الإعلان عن وصولها مع ضجة صاخبة، سقطت على هدفها بصمت، وكان سكان المناطق التي ضربها الصاروخ V-2 لا يعرفون أنهم يتعرضوا للهجوم إلا عندما بدأت الانفجارات. سرعة V-2 جعلت من المستحيل اسقاطه، والطريقة الوحيدة لوقفها هي تدمير مواقع إطلاقها، وبعد أن قصفت عدة مخابئ ملموسة تم إعدادها بشكل متعمق في الخراب، اعتمدت وحدات V-2 (جزء من ذراع المدفعية للجيش الألماني) استراتيجية مختلفة جذريا. وباستخدام الشاحنات والقطارات المعدة خصيصا لنقل الفاو2، نقلوا الصواريخ عن طريق البر وأطلقوها من منصات إطلاق المحمولة,تكون قافلة اطلاق الفاو2 تحمل كل ما يلزم لإطلاق V-2 وقد تصل الى ثلاثين شاحنة، وهذا ما زاد تعقيد صد هذا النوع من الصواريخ، (أي فكانت منصات الاطلاق غير مستقرة في مكان واحد بل كانت متنقلة) فالفاو2 به عيب وهو قبل اطلاقه يتم تزويده بالوقود (الاوكسوجين السائل والكحول و...)وكل ما يلزم وهو واقف أي مجهز وتلزم هذه العملية ما بين ساعتين او ثلاث وهاذا ما ساعد طائرات الحلفاء بكشفه وقصفه قبل الاطلاقوالشكل2.4 يوضح كيفية تجهيز الفاو2 [3][1].



الشكل 9.2: صورة لنقل الصاروخ فاو2 بالقطار [1].

الشكل 10.2: صورة لنقل الصاروخ فاو2 بالشاحنة [1].

أنتجت ألمانيا ما يزيد قليلا عن 6 000 بين عامي 1942 و 1945، معظمها على خطوط التجميع في المصانع تحت الأرض التي يديرها عمال عبيد، وقد أطلق ما يقرب من 3400 منهم على أهداف الحلفاء، وحوالي 2900 من أولئك الذين ضربوا منازلهم، مع سقوط 1500 في لندن وحدها. وتم القبض على أكثر من 2 500 من القوات المسلحة الثورية من قبل قوات الحلفاء عندما اجتاحوا مواقع الإطلاق والمصانع في ربيع عام 1945. وقد دمر معظمها، ولكن صدرت أخرى (إلى جانب أعضاء فريق التصميم) إلى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي [1].

كلفة V-1 المصنوع من الصفائح المعدنية والمدعوم بالخلائط رخيصة نسبيا، ولكن استخدامهم في الـ V2 للالألمنيوم النقي، والكحول، والأكسجين السائل جعلها مكلفة، فكل طائرة من طراز V-2 تكلف ما يقارب ثمن طائرة مقاتلة، وتطور برنامج ألمانيا بقدر ما يتعلق بتكلفة القنبلة الذرية بتكلفة الولايات المتحدة. لهذا فشل مشروع V-2 أولا انه مكلف جدا وثانيا اتى متاخرا في الحرب أي بعد ما شعر النازيون بالخسارة توجهوا إلى مثل هذه الأسلحة [3].

غير أن الطائرة V-1 و V-2 كانت حاسمة في إثبات أن صواريخ "كروز" (مثل V-1) والصواريخ "الباليستية" (مثل V-2) كانت أسلحة قابلة للتنفيذ من الناحية التكنولوجية، حيث اخذ الاتحاد السوفياتي الصواريخ، أما الولايات المتحدة الامريكية أخذت المعلومات والبعض من التقنيات المهمة والعلماء البارزين الذين فضلوا الاستسلام للولايات المتحدة على الاتحاد السوفياتي، وسميت هذه العملية الاستخبارية بالاسم الكودي "مشبك الورق".

4.2 – فترة مابعد الحرب وسباق الحرب الباردة :

1.4.2 – عملية مشبك الورق :

شملت هذه العملية اخذ العلماء الألمان واختراعاتهم وتطويرها حيث استسلم فيرنر فون براون و فريقه لقوات الولايات المتحدة قصد تحقيق أحلامهم والسفر الى الفضاء نقلو إلى "و م أ" ووفرت لهم فرصة مواصلة جهودهم البحثية في V-2وتطويره، ولكن لم يجد علماء الالمان الجو المناسب لكي يواصلو عملهم ويطوروه بسرعة بل كان بوتيرة بطيئة نوعا ما مقابلة بالاتحاد السوفياتي "روسيا" اول عائق هو اللغة والعائق الثاني انهم لم يشغلو مناصب جيدة لكي يسيرو العمليات وثالثا لم يكونو تحت تأثير الضغط العسكري كما كانو في المانيا "الجيش النازي". ومما لا شك فيه أن الصاروخ البالسيتي V-2 أثبت أهمية حاسمة في تطوير تكنولوجيا الفضاء من خلال تشكيل الأساس التقني لكل من برامج الصواريخ الروسية والأمريكية في فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية وفي الوقت نفسه وكجزء من رغبة واسعة النطاق في التخلص من الحروب المسببة للمجاعة وتدهور الاقتصاد ، والتطلع إلى المستقبل مثير وعد به تطوير التكنولوجيات الجديدة، بدأت موجة متزايدة من الاهتمام في النمو في الفضاء بعد مجال هندسة الصواريخ، بعيد عن الحروب والقتل ظهور نوع جديد من الحروب وهي الحرب الباردة بين كل من "روسيا" و"الولايات المتحدة الامريكية" وسباق التسلح وركوب الفضاء [2].

2.4.2 – صواريخ الحرب الباردة و السباق لغزو الفضاء:

تم التسليط الضوء على الصواريخ والرحلات الفضائية من قبل جميع الدول حيث شكل الاتحاد الدولي للملاحة الفضائية (IAF)، وهو جمعية غير حكومية أنشئت لتشجيع النهوض بالمعارف المتعلقة بالفضاء وتطوير وتطبيق الرحلات الفضائية في عام 1949، عندما اقترح (GfW) من شتوتغارت ألمانيا، إلى مجتمعات الأخرى التي ينبغي أن تعقد مؤتمرا لتطوير التعاون وكانت الجمعية البريطانية للكواكب، التي وافقت على تنظيم المؤتمر في لندن عام 1951، وهي من الأوائل الوفود التي دعمت هذه الفكرة [2].

في الواقع، سبق الاجتماع اجتماع عام كبير في السوربون باريس في سبتمبر 1950، والذي تم تعيينه "مؤتمر رئيس الوزراء الدولي للاستخبارات" وعلى الرغم من وجهات النظر غير المواتية عموما حول رحلات الفضاء المشتركة في ذلك الوقت، حضر أكثر من ألف شخص من العديد من البلدان المؤتمر بشكل افتراضي، جعل هذا مؤتمر لندن، الذي عقد في سبتمبر 1951، المؤتمر الدولي للملاحة الفضائية الثاني ومثلت جمعيات الفضاء والصواريخ من عشرة بلدان وقعت على هذا الإتفاق [2].

1.2.4.2 – التجارب الامريكية الفاشلة :

أطلقت سلسلة من أفلام والت ديزني التلفزيونية لدعم قسم توموروولاند من متنزه ديزني لاند الذي، بالمناسبة نشر الكلمة إلى جمهور أوسع بكثير الفيلم الأول رجل في الفضاء، بث في 9 مارس 1955 لجمهور ما يقرب من 100 مليون نسمة، وكان أحد المشاهدين الرئيس الأمريكي دوايت د. أيزنهاور،

الذي كان معجبا جدا بأنه دعا والت ديزني شخصيا وطلب منه اقتراض نسخة، والتي أظهرها لمسؤولي البنتاغون، من بين آخرين. ولعله ليس من قبيل المصادفة تماما، في 29 جويلية1955، أعلنت إدارة آيزنهاور أن، الولايات المتحدة ستقوم بإطلاق قمر صناعي [2].

فشلت عملية الإطلاق الأولى في 16 أفريل 1946 عندما انفجرت زعنفة على ارتفاع نحو 5 كيلومترات في ماي 1947، على سبيل المثال، عانى V-2 من عطل جيروسكوب وتوجه جنوبا من وايت ساندز إلى الباسو على الحدود المكسيكية وعبر المدينة، تحطمت فوق تل صخرية خارج مقبرة تبيالث، على بعد 2 كم جنوب مدينة جواريز المكسيكية، ووصفت الولايات المتحدة إطلاق أول صاروخ موجه ضد بلد أجنبي وفقا للمنظمة المسؤولة عن السلام.

بالإضافة إلى مساعدة المساعي الأمريكية في تطوير الصواريخ، تم استخدام الصواريخ V-2 بشكل جيد كصواريخ نقل لأنها يمكن أن تحمل حمولة من حوالي طن الى ارتفاع بعيد وقد حمل V-2 حمولته إلى الغلاف الجوي العلوي، مما جعل قياسات الطبقات في الغلاف الأيوني، واكتشاف الأشعة السينية الشمسية، وتوصيف طيف الشمس فوق البنفسجي ممكن [2].

قد تم تنسيق تجارب الحمولة النافعة بواسطة لوحة الغلاف العلوي من طراز V-2 وقدمها علماء من بينهم "جيمس فان ألين"، الذي كان له دور أساسي في اكتشاف أحزمة الاشعاع حول الأرض. وكان

الشكل 11.2: التجربة الأولى الفاشلة للصاروخ المعدل الفاو2 [2].

عضو آخر في الفريق "فريد لـ. ويبل"، وهو عالم كان متمركزا مع فيلق الجيش الأمريكي في المملكة المتحدة في عام 1946، قام ويبل ببعض الحسابات الأولية على الأخطار المفترضة من الحطام الفضائي إلى المركبات الفضائية، وتصميم "درع الواقي النيزكي"، الذي أصبح فيما بعد يعرف باسم درع ويبل. ومنذ ذلك الحين ظهرت على المركبات الفضائية متنوعة مثل جيوتو المذنب هالي ومحطة الفضاء الدولية [2].

مع المشاريع والتجارب التى أجريت بين عامي 1948 و 1950 من قبل "فريق فون براون" بدأت أمريكا لتحقيق تقدم حقيقي. وشمل المشروع تعديل سلسلة من ثماني حلقات من طراز V-2 لقبول مرحلة ثانية الى وهي فصل الرأس الحربي والتوجه نحو التكنولوجيا بدل أسلحة الحرب. وكان Bumper–WAC الشكل (12.2)، أول صاروخ تكنولوجي أمريكي (غير حربي).

كما أن هذه التكنولوجيا المسماة بالتدريج كانت قابلة للتطبيق مباشرة على استكشاف الفضاء، سواء في فصل مركبة فضائية عن مركبة الإطلاق التابعة لها، وبصورة أساسية للسماح بحمولة مفيدة للوصول إلى المدار، و العيب الرئيسي لأي صاروخ هو عدم استعماله اكثر من مرة (بدلا من إعادة الاستخدام)، في أن معظم المركبات إن لم يكن كلها، يتم التخلص منها في كل بعثة، وهو بالأحرى مثل إلغاء طائرة بعد رحلة واحدة ومع ذلك، فإن تطوير الصاروخ متعدد المراحل، أو صاروخ خطوة كما كانت تسمى في الأيام الأولى، كان شرطا أساسيا حاسما لاستكشاف الفضاء.

كان أول إطلاق لمركبة Bumper–WAC من مرحلتين، والذي تم إجراؤه من وايت ساندز في 13 ماي 1948، بلغ ذروة 127 كم، وهو ما كان أقل مما كان مقصودا بسبب توقف Bumper–WAC في

الشكل 12.2: تجربة نموذج Bumper–WAC [2].

وقت مبكر. وعانى البرنامج من عدة إخفاقات، ولكن الرحلة الخامسة، في 24 فيفري 1949، حطمت رقما قياسيا، حيث بلغت 393 كيلومترا. يوصف أحيانا Bumper–WAC 5 المعروف بأنه "أول كائن من صنع الإنسان للوصول إلى الفضاء، خارج كوكب الأرض"، وكانت آخر رحلتى WAC، التى أجريت في جويلية 1950، والذي أصبح في وقت لاحق سلاح الجو الأمريكي [2].

2.2.4.2 – التجارب السوفيتية الفاشلة :

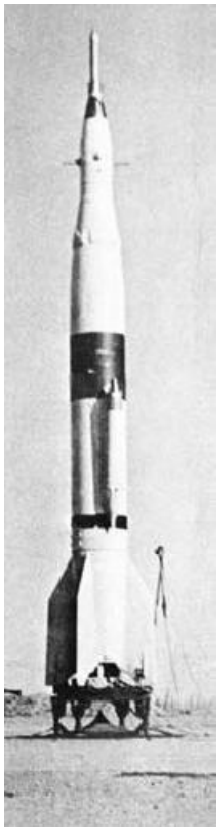
في الوقت كانت الولايات المتحدة تبنى برنامجها، كان تطوير الصواريخ يتم بشكل موازي في الاتحاد السوفياتي الذي طور الصواريخ بشكل أسرع من الولايات المتحدة الامريكية فهي كذلك بعد الحرب العالمية الثانية اخذت التقنيات المستخدمة في الصاروخ الفاو2، وبالتالي فإن V-2 لم يكن فقط فعالا في تطوير الصواريخ الأمريكية بعد الحرب، ولكن أيضا ساعد في تقدم الاتحاد السوفيتى [2][3].

كانت الخطة السوفياتية لفريقها على الصاروخي الألماني مختلفة عن تلك الخاصة بالأمريكيين، على الأقل في البداية، وبدءا من أواخر عام 1945 بدأت إعادة إنشاء مرافق إنتاج F_2 داخل ألمانيا. و نتيجة لذلك، وبحلول بداية سبتمبر 1946، قام خط إنتاج تجريبى بتصنيع 30 صاروخ من طراز V-2، وتم تعيين نحو 5000 من العلماء والفنيين في البرنامج [2][3].

تم إطلاق بعض من طراز V-2 السوفياتي في موقف اختبار ثابت في ليهستن تحت إشراف الكولونيل الروسي فالينتين ب. غلوشكو، الذي كان لديه خبرة كبيرة في الصواريخ التى تعمل بالوقود السائل والتى يعود تاريخها إلى منتصف الثلاثينات، قام زملاؤه ببناء واختبار الصواريخ في موسكو. كان غلوشكو واحدا من مجموعة من الناس مثل التفكير في جميع أنحاء العالم الذين تأثروا في شبابه بقصص السفر إلى الفضاء، وفي عام 1926، في سن 18، كان قد نشر نفسه مقالا بعنوان "محطة وراء الأرض"، والتى سواتل صناعية ومحطات فضائية. وقال انه سيصبح فيما بعد شخصية رئيسية في برنامج الفضاء السوفياتي [2][3].

علم المهندسون الروس من الألمان، الذين تم تشجيعهم على اقتراح التحسينات على تصميم V-2. ومع ذلك، تم تقييد التطورات السوفيتية نسبيا من قبل V-2S المتاحة لاختبار الطيران، والأمريكيين بعد أن اتخذت معظم الأجهزة أفضل (أي ان روسيا لم تعتمد كليا على الصاروخ الفاو2 على عكس نظيرتها الولايات المتحدة الامريكية) ونتيجة لذلك، طلب من المهندسين البدء في العمل على نسخة من الصاروخ، المعين R-1، "راكيتا_raketa" [2][3].

مع ذلك، كان المهندسون السوفياتيون بما في ذلك نائب غلوشكو، سيرغي كورولیف، وهكذا في أوائل عام 1946، بدأوا العمل على نسخة محسنة من V-2، المعينة R-2 والمعروفة لدى المخابرات البريطانية باسم K-1 الشكل الوالي. حيث تحتوي على خزانات ذات طول من 3 أمتار، وزادت قوة الدفع التى طورها محركها من 25 إلى 32 طن، مما يعطيها ضعف نطاق سابقتها [3].



الشكل 13.2.: صورة لـ R-2 [2].

بالمناسبة كان البريطانيون يفكرون أيضا في تحسين V-2 وكانوا من بين أول من اقترح التعديلات التي من شأنها أن تسمح نسخة تجريبية لأداء رحلة دون المدارية. في عام 1946، اقترح H. E. روس و R. A. سميث من جمعية الكواكب البريطانية تصميم لـ V-2 مع كبسولة تسمى ميغاروك. ولكن الحكومة البريطانية لم تدعم هذا المشروع [2].

تم إطلاق أول طائرة روسية من طراز V-2، تم تعيينها من طراز T-1 في 18 أكتوبر 1947 من قاعدة في السهوب، على بعد 200 كيلومتر شرق ستالينغراد (التي سميت باسم فولغوغراد)، والتي ستعرف فيما بعد باسم منشأة إطلاق الفضاء كابوستين يار . سافر الصاروخ على بعد 200 كم من موقع الاطلاق، ولكن انخفض نحو 30 كم إلى جانب واحد من الهدف بسبب فشل نظام التوجيه. وكان إطلاقه الثاني في 20 أكتوبر أكثر من خيبة أمله لأن الصاروخ هبط نحو 180 كيلومترا من الهدف المقصود [2].

مثل نظرائهم الأمريكيين، أراد العلماء السوفياتيون الاستفادة من توافر V-2 للبحوث على علو شاهق. تم تعديل قسم المعدات الرئيسية للصاروخ ليشمل نظام القياس عن بعد، الذي تم تركيب الهوائي في الجزء الخلفي من الصاروخ. وصلوا أولى هذه العمليات العلمية في 2 نوفمبر 1947، إلى ارتفاع 80 كم، وتوفير حوالي 3 دقائق من البيانات [2].

ومع ذلك، كانت الحملة السوفيتية من طراز V-2 قصيرة الأجل مقارنة بمشروع أمريكا هيرميس، لأن المسؤولين لم يتمكنوا من الحصول على سوى 18 صاروخا من ألمانيا، منها 11 صاروخا تم إطلاقها بالفعل (أطلق الصاروخان 10 و 11 في 13 نوفمبر 1947). ونتيجة لذلك اضطر المهندسون الصاروخ السوفيتي لمتابعة تطوير البديل الخاصة بهم، و تصميم R-1 (المشار إليها في جميع الوثائق التقنية باسم "المنتج K118"، وهو رقم إلكتروني نمط التسميات التي من شأنها أن تستمر في عصر الفضاء) [2].

3.2.4.2 – تفوق الاتحاد السوفياتي :

حدث أول إطلاق ناجح، بعد عدة حالات إخفاق في 10 أكتوبر 1948 تم إطلاق النهائي R-1 في 5 نوفمبر، بمناسبة تسعة نجاحات من أصل 12 محاولات. غير أن النجاح كان مصطلحا نسبيا، حيث لم يسقط سوى صاروخ واحد في المنطقة المستهدفة البالغة 16 كم × 8 كم، حيث كانت هنالك العديد من المتغيرات من R-1 (R-1A، R-1B، وما إلى ذلك)، والمتغيرات الفرعية واحدة من أكثر إثارة للاهتمام من منظور تقني كان R-10، وأيضا مربكة نوعا ما المعروف باسم G-1 أو "الصواريخ الألمانية". وبالاشتراك مع الأمريكيين، استخدم السوفيت الخبرة الألمانية والقوى العاملة لإدخال تحسينات على V-2 الأساسية، التي فعلوها بشكل أو بآخر بالتوازي مع جهود كورولیف لتصميم R-2، الذي كان بطيئا ليأتي إلى ثمار. كان R-10 مشابها في الحجم لـ فاو2، ولكن الفرق المهم يكمن في نسبة الكتلة، وتعرف الكمية أيضا باسم "نسبة كتلة الوقود الدفعي" أو "جزء كتلة الوقود الدفعي". وبلغت كتلة الإطلاق V-2 حوالي 12.8 طن، في حين كانت الكتلة الجافة 4 طن، مما يعطي نسبة كتلة 3.2. وعلى النقيض من ذلك، كانت أرقام R-10 18.4 طنا وقليلا أقل من 2 طن، على التوالي، مما يعطي نسبة كتلة حوالي 9 (تبين أن 90 في المائة من وزن الاطلاق كان الدفع) [2].

لا يتطلب الأمر سوى القليل من الخبرة الفنية لفهم أهمية تحسين الكفاءة الجماعية بثلاثة أضعاف، ولكن هذا النوع من التحسن كان يثبت أهمية حاسمة بالنسبة للمركبات اللاحقة في القدرة على وضع ساتل مفيد في المدار وبكل بساطة، فإن أي تخفيض في الكتلة الهيكلية للقاذفة سيزيد من كتلة الحمولة النافعة التي يمكن أن تحملها على ارتفاع معين.

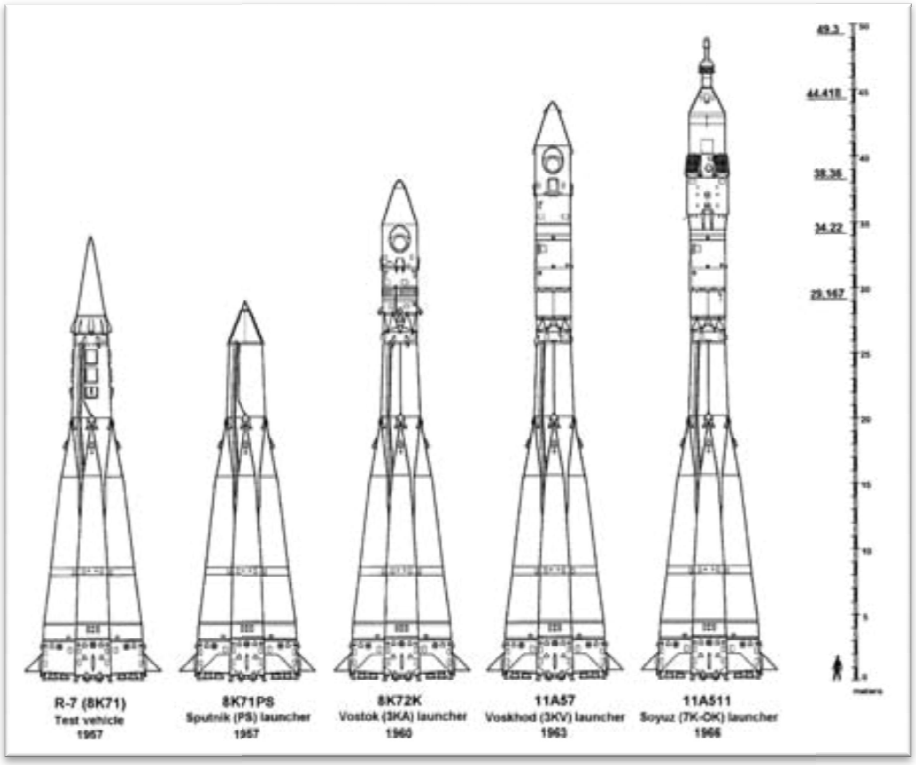
قد تم تحسين نسبة الكتلة المحسنة من R-10 جزئيا عن طريق استبدال خزانات الدفع التي شنت داخل الهيدروديناميكية الهوائية مع هيكل أحادي كما ظهرت أيضا نظام الدفع المعدل، مما زاد من قوة المحرك من 25 طن V-2 إلى حوالي 32 طن. وقد تحقق ذلك من خلال تعزيز المضخات التوربينية لزيادة معدلات تدفق الوقود، مما يزيد من ضغط غرفة الاحتراق. تم استبدال مولد الغاز V-2، الذي يعمل بالمضخات التوربينية للمحرك، بنظام يستخدم غازات عادم المحرك، مما يوفر حوالي 180 كجم من وزنه. تم رفع المضخات إلى سرعة قبل إطلاقها باستخدام النيتروجين المضغوط [2].

هنالك مفتاح آخر للتنمية كان قادرا على فصل الرؤوس الحربية عن الصاروخ، بدلا من حمل وزن الصاروخ بأكمله إلى الهدف. وكما هو الحال في أمريكا، فإن أهمية التدريج مفهومة بوضوح على الرغم من أن R-10 نفسها لا يبدو أنها قد أنتجت في الكمية، قدمت هذه التطورات التكنولوجية أساس العديد من الصواريخ السوفياتية بداية من 1950 [2][3].

لقد كتب الكثير عن الاستخدامات السياسية للتكنولوجيا، وليس أقلها تكنولوجيا الفضاء، ودور الصاروخ في سياسات الحرب الباردة هو مثال رئيسي. وكانت الأولوية على الأقل في البداية، هي وضع نظام طويل المدى لتسليم الأسلحة النووية ـ القذائف التسيارية العابرة للقارات ـ ولكن التكنولوجيا قابلة للتحويل مباشرة إلى مركبة الإطلاق الساتلية، وفي نهاية المطاف اتبع التطبيقان مسارات موازية [2][3].

وكان حل التصميم السوفياتي لصاروخ كبيرة لتجميع معا عدد من وحدات الدفع، كل منها عدة محركات متطابقة، وتشعل جميع محركات على الأرض. وجاء الانطلاقة مع R-7 أو "المنتج K718" والمعروفة في الغرب باسم SS-6 (Sapwood). وهي تتألف من أربعة معززات متطابقة مجمعة أو المرحلة الأساسية. وقد اشتعلت جميع القطاعات الخمسة معا لاطلاق الصاروخ، حيث تم التخلص من التعزيزات الاربع عندما استنفد وقودها بعد 120 ثانية من الرحلة (، مما ترك المرحلة الاساسية للمحافظة على قوة الصاروخ بمقدار 150 ثانية إضافية)

تم تصميم وتطوير R-7 من قبل مكتب التصميم الخاص سيرجي كورولیف رقم 1 (OKB-1)، التي تم تشكيلها في أفريل 1950. وحدات الدفع التي وضعها المكتب بين 1954 و 1957، ممثلة نقلة نوعية في الصواريخ السوفياتية. وقد تم تزويدها بالوقود المستطيل الذي يبلغ طوله 28 مترا، والمعروف باسم RD-108، بوقود LOX والوقود الكيروسين الذي يزوده توربومبوم مركزي بمجموعة من أربعة محركات صواريخ تنتج معا نحو 96 طنا. وكانت محركات الدفع الرباعي RD-107 التي يبلغ طولها 19 مترا، لديها أنظمة دفع مماثلة ومستقلة، تنتج كل منها دفعة قدرها 102 طن، مما يعطي 504 أطنان من الدفع. كان R-7، وبأي منازع صاروخ قوي للغاية [2][3].

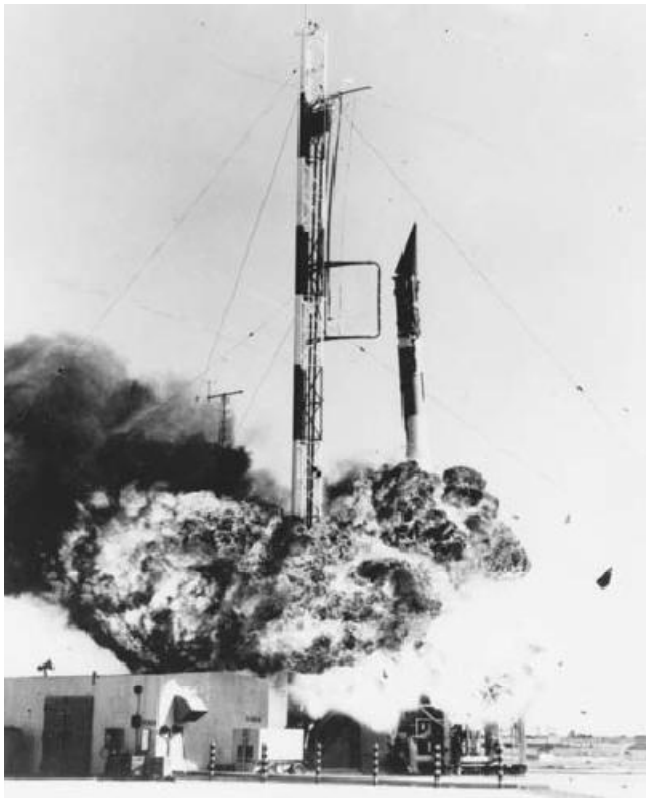


الشكل 14.2.: رسم توضيحي لعائلة R-7 [2].

بالإضافة إلى المحركات الرئيسية، حمل كل جزء عددا من المحركات الصغيرة، المحفزة بالمقود لتوجيهها، وبالتالي الاستغناء عن دوارات التحكم في الجرافيت من V-2 ومشتقاته كان هناك أربعة من هذه المحركات على المستدعي واثنين على كل من التعزيز. كان محرك المحرك ـ عادة من المحرك الرئيسي نفسه ـ أن تصبح الطريقة الأكثر شيوعا من توجيه مركبة الإطلاق. أعلن رئيس الوزراء خروشوف عن أول رحلة لـ R-7 في 15 ماي 1957 ولكنها باءت بالفشل، أجريت اختبارات وتحسينات وفي أكتوبر من نفس العام حيث فاز الاتحاد السوفياتي على الولايات المتحدة الأمريكية في الجولة الأولى من خلال إطلاق ساتل "سبوتنيك 1" في 4 أكتوبر 1957. وكان هذا القمر الصناعي يبلغ وزنه 83.6 كلغ [2][3].

4.2.4.2 – عودة الولايات المتحدة الأمريكية إلى السباق :

تطوير مركبات الإطلاق الأمريكية كانت لا تزال في طور الانجاز، استغرق الأمر وقتا ليتحقق نصر سوفياتي ثاني ـ إطلاق نصف طن "سبوتنيك 2" في الشهر التالي ـ لتحويل الانتباه إلى فريق فون براون. وبعد خمسة أيام، في 8 نوفمبر، أعطيت له الفرصة لتحويل المشتري إلى قاذفة فضائية تدعى جونو 1، رغم انه لم يكن جاهز إلى أن الحكومة الامريكية تضغط عليه للرد على سبوتينك، والدعاية التي أعقبت ذلك، محاولة إطلاق في 6 ديسمبر 1957 ارتفع الصاروخ بشكل متردد من منصة الإطلاق وسقط وانفجر(الشكل 15.2). تم اطلاق أول قمر صناعي أمريكي، إكسبلورر1 'Explorer 1'، في المدار في 31 جانفي 1958. بعدها عادت الولايات المتحدة الى المنافسة بإطلاقها لهذا القمر مع انه أصغر بكثير من سبوتنيك، حيث يزن 13.93 كلغ .



الشكل 15.2.: انفجار الصاروخ جونو 1 وهو على منصة الاطلاق 8 نوفمبر 1957 [4].

فشلت محاولة ثانية للإطلاق في 5 فيفري 1958 عندما انفجر الصاروخ على ارتفاع 7 كم، ولكن نجح المشروع أخيرا في وضع قمر صناعي في المدار في 17 مارس 1958 فكان معدل نجاح الصاروخ ضعيف جدا حيث تم نجاح ثلاث عمليات من أصل إحدى عشر عملية إطلاق، وبالتالي حيث أحيلت هذه الناقلة الفضائية للتقاعد من الخدمة في ظل إدارة البرنامج الفضاء الأمريكي من قبل مؤسسة National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) وقبل أن تتغير لتخلفها وتحل محلها مؤسة National Aeronautics and Space Administration (NASA) في الأول من أكتوبر 1958 [4].

في 12 أبريل 1961، أصبح الفضاء مجال البشر مع إطلاق رائد الفضاء يوري غاغارين. واستغرق رحلته الفضائية ساعة و 48 دقيقة. وخلال ذلك الوقت، دارت غاغارين الأرض مرة واحدة داخل كبسولة الفضاء فوستوك 1، لتصل إلى أقصى ارتفاع 315 كيلومترا وعند عودته، طرد غاغارين نفسه من الكبسولة على ارتفاع 6100 مترا وباخراج المضلة هبط الى الأرض بسلام [4].

في 5 مايو عام 1961، خرج رائد الفضاء الأمريكي آلان شيبارد، الابن من كيب كانافيرال بولاية فلوريدا، داخل كبسولة الفضاء "ميركوري" الخاصة بالحرية 7 'Freedom 7' التى جلست فوق صاروخ ريدستون لم يكن لدى الصاروخ ما يكفي من القوة لإرسال الحرفة إلى المدار، وقام شيبيرد برحلة دون المدارية تصل إلى 187 كيلومترا قبل أن تعود كبسولة إلى الأرض في سبلاشدون المحيط 15 دقيقة و 22 ثانية

وبعد أيام فقط من رحلة آلان شيبارد، خاطب الرئيس جون كينيدي جلسة مشتركة للكونغرس، وحث أمريكا على إرسال أميركي إلى القمر وإعادته بأمان قبل نهاية العقد. وعلى الرغم من أنه كان إعلانا جريئا بشكل مثير للصدمة، فإن بعض الخطوات لإنجاز هذه المهمة كانت جارية بالفعل. وقد بدأت وكالة ناسا العمل على مكونات صاروخ قادر على رحلة ذهابا وإيابا على سطح القمر. وبحلول العام المقبل، سمي الصاروخ زحل 5 . سيكون 110.6 متر ويتكون زحل الخامس من ثلاث مراحل، كبسولة مع وحدة الدفع الصغيرة لرحلة العودة، واثنين من مرحل القمري على مرحلتين [4].

في 20 فبراير 1962، على متن صاروخ أكثر قوة، أصبح الأطلس، رائد الفضاء "جون. جلين John H. Glenn" الابن، أول أمريكي يدخل في المدار. حققت رحلة جلين التكافؤ مع البرنامج السوفياتي. غلين تدور الأرض ثلاث مرات ليصبح المجموع 4 ساعات و 55 دقيقة في الفضاء. أدى التبديل الاستشعار إلى العودة في وقت مبكر. وأشار جهاز الاستشعار إلى أن الدرع الحراري كبسولة الزئبق كان فضفاضة، ولكن تم تحديد الدرع في وقت لاحق لتكون ثابتة في مكانها أثناء الطيران. كان جهاز الاستشعار معيبا. وكانت اخر رحلة من نوع "ميركوري ست" في 15 ماي 1963 مع بقاء رائد الفضاء جوردون كوبر في الفضاء لمدة يوم ونصف تقريبا.

الشكل 16.2: صورة لصاروخ اطلس عند الاقلاع [4].

مشروع الجوزاء يتبع بعثات الزئبق. تحتوي كبسولة الفضاء الجوزاء، التى كانت على رأس صاروخ تيتان، على اثنين من رواد الفضاء. خلال البعثات التى استمرت لمدة تصل إلى 14 يوما، رواد الفضاء الجوزاء رائدة في السير، والمركبات الفضائية الالتقاء، وإجراءات لرسو السفن. وتم تقييم أنظمة المركبات الفضائية المهمة اللازمة لرحلات القمر القادمة. تم نقل عشر بعثات الجوزاء خلال عامي 1965 و 1966. وواصل الصاروخ تيتان، الذي أنشئ في البداية كصاروخ باليستى عابر للقارات، لنقل المركبة الفضائية فايكنغ إلى المريخ والمركبة الفضائية فوياجر إلى النظام الشمسي الخارجي في 1970 [3][4].

وكان صاروخ ساتورن الخامس (Smaller Saturn) قادر على اطلاق 117900 كلغ الى مدار ارضى منخفض و 40800 كيلوغرام للقمر. بالنسبة لبعض البعثات، على الرغم من ذلك، ودعا زحل أصغر كان زحل IB 68 متر طويل القامة، وطلب منصة سقالة الملقب بـ"البراز الحليب" ليتم وضعها على لوحة مصممة لصواريخ زحل الخامس. وقد مكن ذلك زحل IB من مباراة مع سوينغ الأسلحة من هيكل الاطلاق. حملت ساتورن IB بعض بعثات اختبار في وقت مبكر، والطواقم الثلاثة لسكيلاب، والطاقم الأمريكي لمهمة سويوز التاريخية 1975، وربط رواد الفضاء ورواد الفضاء في المدار.

الشكل17.2: صورة لصاروخ تيتان [4].

ووجدت صواريخ تيتان (1959ـ2005)، التي استخدمت لإطلاق بعثات الجوزاء، استخداما واسعا في إطلاق حمولات غير مأهولة. وأحدثت الإصدارات المطورة من جبابرة الأقمار الصناعية الثقيلة في مدار الأرض ودفعت المركبات الفضائية الهامة إلى كواكب أخرى. البعثات فايكنغ إلى المريخ وبعثات فوياجر إلى الكواكب الخارجية والفضاء بين النجوم هي من بين اعتماداتها [4].

كان هنالك تطور آخر هو أكثر قوة، ثلاث مراحل تيتان الثالث، والتي تضم اثنين من الدفع بالوقود الصلب على التعزيز. وقد أضيفت في وقت لاحق من سنتور فلسفة المزيج والمطابقة لتصاميم مركبات الاطلاق، والتي غالبا ما تستخدم وقود الدفع العالي الأداء نسبيا في الالصاروخ الأساسية، في حين اضاف حزام الصلبة لتحسين القدرة على حمولة من البديل معين. وقد استخدم تيتان الثالث لإطلاق الحمولات العسكرية والمركبات الفضائية الكواكب في s1970، على سبيل المثال، عززت المركبة الفضائية فايكنغ إلى المريخ والركاب إلى المشتري وزحل. تم تطوير متغير تيتان الرابع في وقت لاحق بشكل رئيسي كقاذفة عسكرية ثقيلة الرفع [2][4].

مع استكمال المركبة الفضائية أبولو ومنصة الإطلاق، وكان زحل الخامس أكثر من 110 متر في الارتفاع، وقطره 10 متر في القاعدة، ووزنه أكثر من 2800 طن الوقود بالكامل. وقد أنتجت محركات F-1 المكونة من خمسة مجموعات من مرحلتها الأولى قوة دفع نحو 3400 طن عن طريق حرق الوقود بمعدل مذهل يبلغ حوالي 12.9 طن في الثانية.

الشكل 18.2: صاروخ تيتان 3 [4].

الشكل 19.2: صورة لقاعدة الصاروخ زحل 5 [4].

على غرار صاروخ دلتا، فإن أطلس له جذور عميقة الآن في التكوين الرئيسي الخامس، تم إنشاء أطلس كصاروخ في s1950. وقد تم تكييفها لنقل جون جلين وثلاثة رواد فضاء آخرين من الزئبق إلى الفضاء، ومنذ ذلك الحين استخدمت في العديد من عمليات إطلاق السواتل التجارية والعلمية والعسكرية والبعثات بين الكواكب. صاروخ أطلس الخامس هو الأحدث في هذه السلسلة [4].

تم نقل زحل الخامس إلى منصة الإطلاق في اتجاه عمودي، وذلك باستخدام مركبة البناء المعدلة بشكل كبير والمعروفة باسم الزاحف، تم نقل N-1 في وضع أفقي من قبل اثنين من قاطرات الديزل التوأم على خطوط السكك الحديدية الموازية واقيمت في منصة إطلاق (الطريقة المشتركة لجميع قاذفات السوفياتية الكبيرة). كان يشهد اطلاق N-1 عيبان رئيسيان مقارنة مع زحل الخامس: كان الدافع لها مزيج أقل حيوية من زحل، وكان موقع إطلاقه أبعد من خط الاستواء. وتستفيد الصواريخ التي تطلق من خطوط العرض الاستوائية من دوران الأرض المتأصل الذي يزيد من سرعتها المدارية. كانت جميع رحلات زحل الخامس ناجحة، و كانت جميع محاولات الإطلاق لـN-1 الأربعة، التي أجريت بين فبراير 1969 ونوفمبر 1972،باءت بالفشل وتم إلغاء البرنامج.

3.4.2 – ما وراء القوى العظمى :

على الرغم من أن سباق الفضاء قد أجري بين القوتين العظميين الرئيسيين، فإن هذا لا يعني أن الدول الأخرى القادرة على التكنولوجيا كانت غائبة عن تطوير الصواريخ. وكان هذا صحيحا بصفة خاصة بالنسبة لأوروبا، التي لها أمم رئيسية

أجرت خطوطا منفصلة للتنمية إلى حد كبير لسنوات عديدة، بالتوازي مع كل من الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، قبل التعاون على إنتاج ما كان يمكن أن يكون قاذفة ساتلية أوروبية مستقلة بحلول أواخر الستينيات. ومع التسليم بأن دولا أخرى، مثل الصين واليابان، كانت نشطة أيضا خلال هذه الفترة، فإن أوروبا تقدم مثالا جيدا على الطابع الدولي لتطوير مركبات الإطلاق .

لم يكن هذا بالضبط الخطة المفضلة بين الصناعيين في المملكة المتحدة، الذين كانوا يفضلون استخدام بلو ستريك كمرحلة أولى، وتعديل صاروخ السير الأسود الفارس الناجح للغاية كمرحلة ثانية وإضافة مرحلة ثالثة صلبة صغيرة، وبالتالي إنتاج جدير بالثناء جدا قاذفة الفضاء البريطانية لله. لكن الحكومة لم تتمكن من رؤية طريقها لتزويد أكثر من 60 الى 70 مليون جنيه استرليني من شأنها أن تكون ضرورية، وكحل وسط وضعت خطة أوروبا [2].

كانت البلدان المؤسسة لـ E L D O، حسب مساهماتها المالية، هي بريطانيا وأستراليا وألمانيا الغربية وفرنسا وإيطاليا وبلجيكا وهولندا. وكان هدفها هو تطوير مركبة اطلاق ثلاث مراحل قادرة على اطلاق قمر صناعي يصل وزنه الى 1000 كيلوجرام الى مدار 500 كم مرتفع بحلول مطلع عام 1967. وكانت بريطانيا ستقدم المرحلة الاولى على شكل بلو ستريك، وستقوم فرنسا ببناء المرحلة الثانية ألمانيا والثالث، إيطاليا حمولات الأقمار الصناعية، بلجيكا محطات التوجيه والتتبع وهولندا مرافق القياس عن بعد. وأستراليا، بطبيعة الحال، مسؤولة عن مرافق الاطلاق في وومیرا [2].

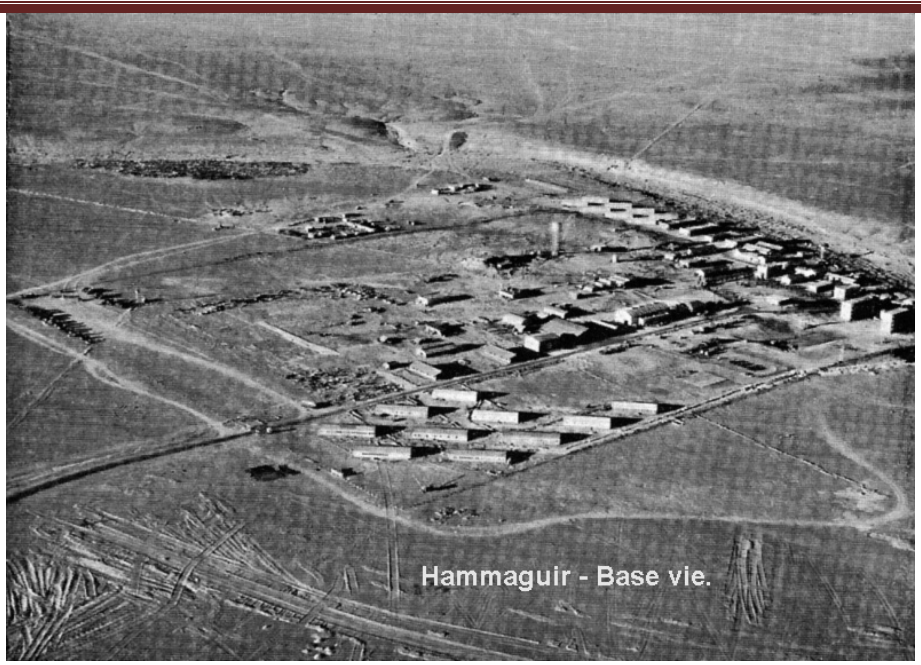
تم تقسيم اختبار طيران يوروبا إلى ثلاث مراحل للتأهل، على التوالي، المرحلة الأولى وحدها، المرحلتين الأولى والثانية معا، وأخيرا، النظام الكامل. على الرغم من أن يوروبا كانت ظلال من ثلاث مراحل زحل الخامس، التي وضعتها أمريكا في نفس الوقت، لمحة عامة عن برنامج الاختبار يوفر دليلا صارخا على صعوبات دمج ثلاث مراحل صاروخية متميزة ـ في قضية يوروبا من ثلاث شركات منفصلة في ثلاثة بلدان مختلفة.

تم إطلاق أول بلو ستريك، كما كان يوروبا F1.1 (الرحلة رقم 1)، من وروميرا في 5 يونيو 1964 بلغ الصاروخ ارتفاع 177 كم وسرعة 10300 كم / ساعة قبل أن يؤثر على 966 كم من موقف الاختبار. تم الانتهاء من المرحلة الأولى من البرنامج مع اختبارين آخرين من الانتصارات الزرقاء، وكلاهما ـ وبصرف النظر عن الشذوذ الطفيفة المتوقع في برنامج اختبار ـ اعتبرت ناجحة [2].

وفي الوقت نفسه، كانت المرحلة الثانية الفرنسية، المعروفة باسم كورالي، تخضع لاختبارات خاصة بها. قبل ظهورها كمرحلة ثانية من يوروبا، حلقت كورالي كمرحلة أولى من صاروخ تجريبي يدعى كورا، الذي حمل نسخة وهمية من المرحلة الثالثة ليوروبا وساتل وهمية. وكان اسم كورالي في الواقع انكماش من كورا أوسترالي، مما يدل على أنه سيتم إطلاقه من وروميرا، أستراليا تم إطلاق كورا نفسها من موقع الاختبار الوطني الفرنسي في حماقير بالقرب من بشار الجزائر. تم إطلاق كورا مرتين في عام 1966: كان يجب تدمير الصاروخ الأولى بعد 62 ثانية بسبب فشل التوجيه، ولكن الرحلة الثانية 176 ثانية كانت ناجحة [2].

بدأت المرحلة الثانية من اختبارات طيران يوروبا في عام 1966 مع رحلتين ناجحتين من الخطوط الزرقاء التي تحمل نماذج وهمية من المرحلتين الثانية والثالثة، ولكن عندما حان الوقت لإضافة المرحلة الثانية أي وضع القمر، هنا بدأت المشاكل في رحلة يوروبا السادسة أداء الأزرق ستريك أداء جيدا، ولكن كورالي التي استخدمت داسر النيتروجين الدفعي و U D M H (ديميثيلهيدرازين)، فشل في إشعال ويعتقد أن التفريغ الكهربائي الذي حدث عند فصل المرحلة تسبب في فشل جهاز الإشعال كورالي وكانت الرحلة القادمة نسخة الكربون الظاهري، كما فشل المنظم مرة أخرى لبدء الاشتعال هذه المرة كان التفسير أن بعض دبابيس موصل الكهربائية لم قطع في وقت واحد. لم تبدو الأمور جيدة بالنسبة لكورالي، خاصة وأنه في اختبارات منفصلة، عانى من مشكلة توجيه أخرى بسبب فشل الأسلاك.

بدأت مرحلة الاختبار النهائي اوروبا في 30 نوفمبر 1968، مع أداء لا تشوبه شائبة من كل من الأزرق ستريك وكورالي للأسف، المرحلة الثالثة الألمانية، أستريس، انفجرت بعد وقت قصير من الاشتعال عندما كسر الحاجز. وكانت الرحلة التالية تحطم تكرار الأداء. ثم أخيرا، على رحلة اختبار يوروبا العاشرة، عملت جميع المراحل الثلاث ولسوء الحظ، فشلت حمولات الحمولة النافعة، ولم يتمكن الساتل المحاصر، من الوصول إلى المدار. تم إلغاء الرحلة التالية بسبب قيود الميزانية [2].



الشكل 20.2: صورة لقاعدة حماقير بالقرب من بشار الجزائر.

كان لاوروبا فرصة أخيرة لاثبات نفسه، في نسخة مطورة أقرها مؤتمر الوزراء، الذي اجتمع في عام 1966 في حين أن المرحلة الثانية الاختبارات الجارية. سوف يوروبا 2 دمج المرحلة الرابعة، أو نظام الأوجاز الحضيض (باس)، لتعزيز الساتل إلى المدار الثابت بالنسبة للأرض على ارتفاعات عالية. وسيتم اطلاقه من منشأة جديدة بالقرب من كورو في جويانا الفرنسية حيث اقامت وكالة الفضاء الوطنية الفرنسية مجموعة اطلاق لقاذفة السواتل الصغيرة وهي ديامانت. وكانت الفكرة هي أن أوروبا ستكون قادرة على إطلاق

حمولاتها العلمية الخاصة بها وسيكون لها ساتل اتصالات تجريبي خاص بها في مدار ثابت بالنسبة للأرض بحلول عام 1970. وللمرة الأولى ستكون مستقلة تماما عن الولايات المتحدة [2].

تم إطلاق أول نموذج طيران يوروبا 2، F11 المعين، من كورو في 5 نوفمبر 1971 وانفجر بينما كان في المرحلة الأولى وقد عثرت المشكلة على الكهرباء مرة أخرى الاحتكاك مع الهواء قد اتهم هدية، التي لم تكن ترتكز كهربائيا. وهذا أدى إلى التصريف الكهربائي الذي تسبب في أجهزة الكمبيوتر نظام التوجيه، ومقرها في المرحلة العليا، إلى الفشل. وبما أن المرحلة الأولى لم تعد تستقبل إشارات إرشادية، فإن الصاروخ التي تحملها، وزادت الأحمال الهوائية تسببت في تفككها. وقد ألغيت الرحلات اللاحقة في أفريل 1973 وتم التخلي عن برنامج يوروبا 2 [2].

تم حل إلدويتزلف في عام 1973 وتم دمج أنشطته مع أنشطة المنظمة الأوروبية لأبحاث الفضاء (إسرو) لتشكيل وكالة الفضاء الأوروبية (إيسا) في مايو 1975. وعلى النقيض من بريطانيا، استثمرت فرنسا بكثافة في برنامجها الفضائي الوطني، قد قدمت اقتراحا بإنشاء مركبة إطلاق جديدة من طراز للهثريستادلله تدعى L3S. وهكذا، عندما بدأت وكالة الفضاء الأوروبية برنامج مركبات الإطلاق في آريان، استنادا إلى الخطة L3S، فوضت إدارتها إلى المركز الوطني للدراسات الفضائية، مما أعطى فرنسا دورا رائدا في المشروع. وأدى ذلك في الوقت المناسب إلى آريان 4 التي استولت في أوائل التسعينات على أكثر من 50 في المائة من سوق إطلاق السواتل التجارية في العالم [2].

في السنوات التي انقضت منذ أول صاروخ سائل يعمل بالوقود السائل وقد تطور موضوع الصواريخ من السعي العلمي غامضة إلى مشروع صناعي قادرة على المنافسة عالميا. وقد عززت مركبات الإطلاق على أساس المبادئ التي شرحه تسيولكوفسكي من قبلهما الأقمار الصناعية في المدار ورواد الفضاء إلى القمر والفضاء وحتى إلى الكواكب البعيدة من النظام الشمسي [2].

5.2ـ خاتمة

إن التسلسل الزمني وتتابع الأحداث لاختراع الصواريخ يوضح أن فضل الاختراع يعود للألمان و إن صح التعبير إلى النادي "VFR" الذي كان له الفضل الكبير في الاختراعات الأولية للصواريخ، فمعظم أعضائه من محبي الصواريخ ورواد الفضاء حيث توصلوا بعد إخفاقات جمة إلى صاروخ باليستي بعيد المدى ذو وقود سائل سمي من طرف رئيس النازية "هتلر" بـ "صاروخ الانتقام" والاسم المختصر "فاوـ2 او V-2" والذي تم صنع حوالي 6000 صاروخ من هذا النوع، 3000 صارخ انفجر في انجلترا وضواحيها واخرى فشلت وبعد انتهاء الحرب وخسارت الالمان اخذت كل من الولايات المتحدة الامريكية والاتحاد السوفياتي والدول المجاورة للالمان الصواريخ المتبقية اي التي لم تطلق بعد. وطورها الى ان وصل والى الصواريخ الحالية، فالنجاحات والتكنولوجيا الحديثة اغلبها تم الوصول اليها بفضل الصواريخ. فلولى الصواريخ ما وضعوا الاقمار الصناعية في المدارات فبالاقمار تم ربط العالم ببعضه البعض، مما سهلت عملية الاتصال وتداول الافكار والثقافات دون التنقل.

قائمة المراجع

[1] www.v2rocket.com.

[2] Williamson, M., (2006)" Spacecraft Technology The early years", Institution of Engineering and Technology, London.

[3] A. Bowdoin Van Riper (2004) " Rockets and Missiles - The Life Story Of A Technology Green Wood Press", Westport, Connecticut, London.

[4] Joseph A. Angelo, Jr," Space Technology Green Wood Press " Westport, Connecticut, London.

الفصل الثالث

محرك الصاروخ ذو الوقود صلب

1.3 ـ مقدمة:

الصاروخ هو جسم طائر يعمل على مبدأ الاندفاع عن طريق رد الفعل للإنفجارات التى تتم في غرفة الاحتراق وهو مبدأ غير مرتبط بمحيط الصاروخ، أي أن الصاروخ أو الدفع الصاروخي يعمل أيضا في الفضاء الخالي من الهواء حين لا يحتاج احتراق الوقود للهواء ففي الوقود مادة مؤكسدة.

ويتم تصنيف الصواريخ من خلال نوعية محركاتها يتم ذلك من عدة جوانب ولكن الجانب الاهم هو اختلافها في نوعية الوقود والمادة المؤكسدة وحالتهما الفيزيائية فهنالك محركات ذات الوقود السائل وأخرى ذات الوقود الصلب وأخرى مختلط بينهما (خليط بين السائل والصلب "hybrid") وأخرى غازية وصاروخ ايوني وأخر نووي والى أخره من أنواع أخرى. ففي هذا الفصل سنتناول اهم مميزات وخصائص محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب وانواع مكونات الوقود المستعملة.

2.3- تعريف محركات الصواريخ ذات الوقود الصلب:

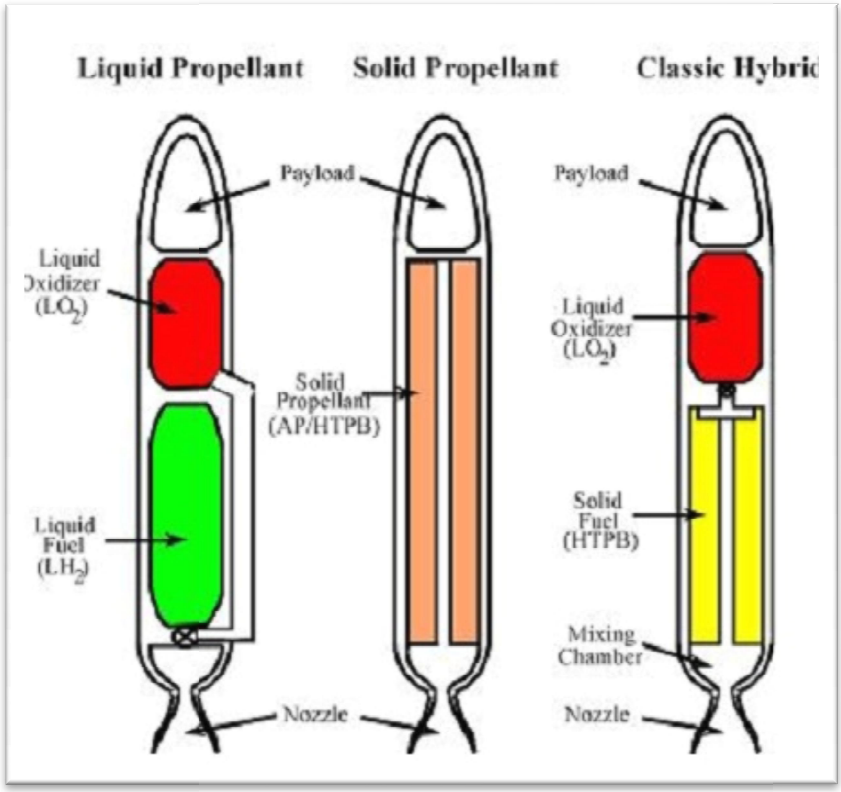
محركات الصواريخ ذات الوقود الصلب يكون وقودها مزيج بين الوقود والمؤكسد في الحالة الصلبة، يتم المزج بينهما وتصليبهما وقولبتهما على شكل اسطواني لا تحتاج محركات الصواريخ ذات الوقود الصلبة إلى أي آلية لخلط أو توريد الخليط إلى غرفة الاحتراق، وبالتالي فهي أبسط نوع من محركات الصواريخ. فإن دفع محركات الصواريخ ذات الوقود الصلب يتميز بتسارع كبير مقارنة بالصواريخ الأخرى [1].

3.3-تعريف محركات الصواريخ ذات الوقود السائل:

في محركات الصواريخ ذات الوقود السائل، يكون كل من الوقود والأكسدة في حالة سائلة. يتم تخزينهما في خزانات مختلفة. ويستخدم حاقن لخلط الوقود والمؤكسد في غرفة الاحتراق وبكميات متفاوتة ومدروسة للحرق الأكثر فعالية. وعادة ما تستخدم محركات الصواريخ التى تعمل بالوقود السائل الهيدروجين أو كل هيدرو كربونات التى يسهل تأكسدها كوقود. بالنسبة للأكسدة، وعادة ما يستخدم الأوكسجين السائل. و محركات الصواريخ ذات الوقود السائل قادرة على التحكم أو ضبط مستوى الدفع أثناء التشغيل. ولها ميزة أخرى وهي أكثر استمرارية بالنسبة للدفع الصاروخي على الدفع الصاروخي للمحركات ذات الوقود الصلب. ولكن عملية خلط كمية مناسبة من الوقود والمؤكسد يتطلب أجزاء معقدة جدا لاستخدامها. فهي أكثر تعقيدا ومكلفة. لذلك يتم استخدام محرك الصواريخ الدفع بالوقود السائل في النظم الضرورية كاستعمالها للسفر الى الفضاء او ارسال اقمار صناعية في مدارات بعيدة [1].

4.3- تعريف محركات الصواريخ ذات الوقود المختلط "هايبريد'Hybrid":

في محركات الصواريخ ذات الوقود المختلط عادة ما يتم وضع الحبوب الصلبة او الأقراص التى تشكل الوقود مع عدم وجود أو كمية قليلة جدا من المؤكسد ويتم إضافة المادة المؤكسدة في غرفة الاحتراق وتكون على شكل سائل. عندما يتم إطلاق محرك الصاروخ، يتم حقن المؤكسد داخل غرفة الاحتراق، على الوقود الصلب. وبالتالي تكون السيطرة على تدفق المادة المؤكسدة بطريقة سلسة [1].



الشكل 1.3: صورة للصواريخ الأكثر استعمالا [1].

5.3- الصواريخ ذات الوقود الصلب:

الصواريخ ذات الوقود الصلب هي تلك الصواريخ التى تعمل محركاتها بالوقود الصلب فمحرك الصاروخ ذو وقود صلب بسيط التركيب حيث انه لا يضم أي جزء متحرك فمكوناته الأساسية عبارة عن غلاف خارجي للمحرك و غرفة الاحتراق ينتج حرق الوقود الصلب المقولب داخل غرفة الاحتراق. غازات ذات حرارة جد مرتفعة والتى تقذف عبر الفوهة بحيث يساهم تصميمها في تسريع تدفق الغازات إلى الخارج حيث تكون قبل الدخول سرعات اقل من واحد ماخ وتخرج بسرعة اكبر من واحد ماخ. تبدأ عملية الاحتراق من خلال تمرير تيار كهربائي عبر صاعق يكون محشوا بشحنة صغيرة متفجرة كالبارود الأسود مثلا [1].

فمحركات الصواريخ ذات الوقود الصلب هي المحركات الأكثر استخداما على نطاق واسع. فهي بسيطة وسهلة للتصنيع ورخيصة الكلفة. ولا تتطلب معظم محركات الصواريخ التى تعمل بالوقود الصلب أي صيانة طوال مدة صلاحيتها. وعادة ما يتم تصنيعها لعملية واحدة. يمكن أن تصل إلى مستويات دفع هائلة تقدر بـ 1 جيغا نيوتن. كل هذه المزايا تجعلها متفوقة على جميع أنظمة الدفع الأخرى لمعظم التطبيقات العلمية وحتى العسكرية [1].

من الخصائص التي يفترض مراعاتها هي :

1 – يحترق الوقود احتراقا كاملا وفق معادلة التفاعل الكيميائي.

2 – المواد المتفاعلة تخضع لقانون الغازات الكاملة.

3 – لا يجب توفر الاحتكاكات

4 – الاحتراق وتدفق الغاز داخل المحرك وعنق الفوهة.

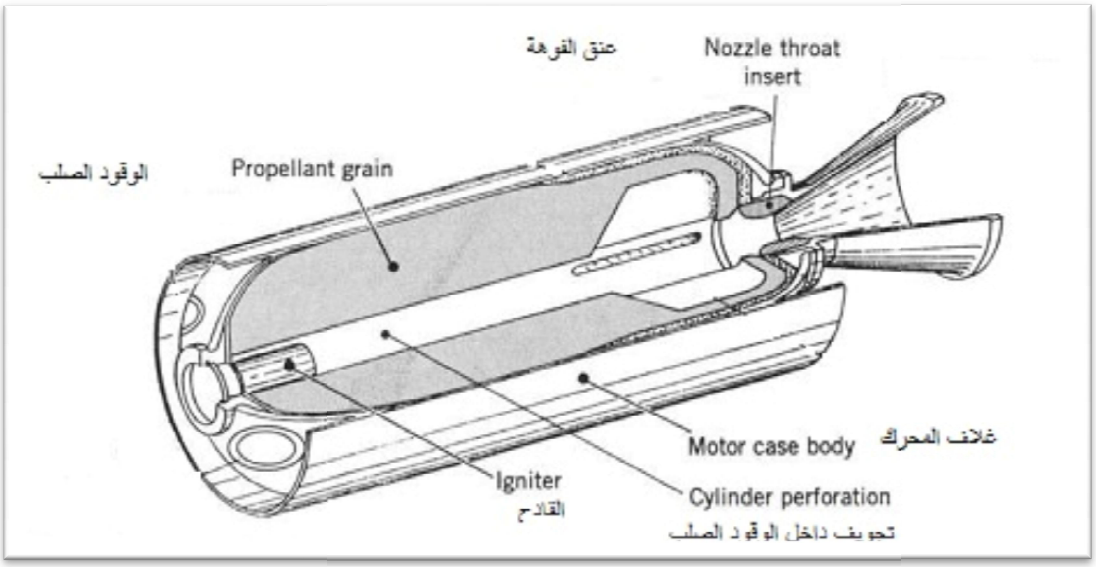
5 – جميع الشروط في حالة استقرار.

6 – تمدد الغازات يجري وفق نمط منتظم بدون أي صدمات او معرقلات

7 – التدفق عبر الفوهة أحادي البعد.

8 – سرعة الغازات وضغطها وكثافتها كلها منتظمة عبر كل مقطع من مقاطع محور العنق و الفوهة.

9 – التفاعل داخل غرفة الاحتراق يتم وفق معادلة كيميائية متوازنة.



الشكل 2.3: رسم توضيحي لمكونات محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب [2].

6.3ـ مكونات محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب:

1.6.3ـ غلاف المحرك :

للمحركات الصاروخية ذات الوقود الصلب عدة أجزاء رئيسية،أولها غلاف المحرك حيث يحمل الأجزاء الأخرى من الصواريخ، غرفة الاحتراق و القادح و الفوهة، والطبقات العازلة والأجهزة اللازمة و الجزء الثاني هو غرفة الاحتراق، حيث يحرق الوقود لتوليد الغازات الساخنة.

غلاف المحرك عبارة عن علبة شبه أسطوانية. في بعض التطبيقات، يتم استخدام غلاف محرك كروية. والسبب هو ان هذه الاشكال الهندسية تمتاز بتحملها تحت الضغوطات العالية [1].

2.6.3ـ غرفة الاحتراق :

كما قلنا سابقا فغرفة الاحتراق من الاجزاء الرئيسية للمحرك، فإن الغرفة تتعرض لضغوط عالية جدا مثل 100 بار او اكثر يختلف حسب حجم الصاروخ يجب اختيار عازل حراري لان غرفة الاحتراق تتعرض كذلك للدرجات كبيرة من الحرارة. فيهذه الظروف الشديدة تتطلب مواد عالية القوة لاستخدامها في إنتاج الحالات المحرك. عادة سبائك عالية القوة ' الألومنيوم، المعالج لتحمل الحرارة والضغط او الفولاذ أو الألياف المركبة (المواد المركبة)'. كما نعرف ان الألومنيوم لديها درجة حرارة انصهار صغيرة جدا ولكن في محركات الصواريخ لا تستغرق الى ثواني معدودة وهاذا لا يؤثر على الالمنيوم و لاستعمالات اكثر حرص يتم وضع عازل حراري [1].

3.6.3ـ القادح :

من الاخطاء التى تحدث في الصواريخ هي عدم اشتعال او اشتعال متقطع للشرارة التى تحرق الوقود الصلب مما يسبب عدم توزع الاحتراق بشكل مثالي. ومن أجل الحد من مخاطر سوء الاستخدام، وجب علينا اختيار الوقود المستخدمة لتكون غير حساسة جدا للاضطرابات الخارجية. وبالتالي يتم استخدام الشاعل أكثر حساسية لإطلاق محركات الصواريخ [1].

ويتكون الشاحن من الشحنة الأولية المشعة كهربائيا، وشحنة ثانوية أكثر نشاطا، مما يشعل الوقود الصلب.

عملية اشتعال محرك هي عملية معقدة تنطوي على الاحتراق ونقل الحرارة. تبدأ العملية بإشارة كهربائية تصل إلى الشحنة الأساسية هي عناصر نارية تتألف من الأسلاك مقاوم وحساسة جدا للمواد المادية.يمر التيار فيسخن السلك بما فيه الكفاية لي يشعل الجسمات التى هو مع تلامس معها والمواد النشطة. هذه الجسيمات المشعة تنتج حرارة كافية لإطلاق بقية المواد الحيوية. ثم يتم نقل الحرارة الناتجة عن اطلاق الشرارة إلى اشتعال شعلة ثانوية التى تكون اكثر حساسية من الوقود الصلب مما تنقل الشعلة الى سطح اشتعال الوقود الصلب . ولتعزيز انتقال الحرارة من القادح إلى الوقود الصلب، تستخدم أيضا بعض المواد النشطة مثل M T V (المغنيسيوم / تفلون / فيتون) كإضافات ثانوية. هذه المواد لا تنتج الغازات الساخنة فقط، ولكن

أيضا تراكم بعض جزيئات الطور المكثف التي هي في درجات حرارة مرتفعة. هذه الجسيمات تتدفق من خلال حالة المحرك وتمسك على الوقود الصلب.لذلك يمكن نقل الحرارة بكفاءة [1].

4.6.3ـ العازل الحراري :

من المعروف ان احتراق الوقود الصلب داخل غرفة الاحتراق يولد حرارة وقد تصل درجة حرارة الغرفة الى 3000 كلفن او اكثر ويتم تدفق الحرارة من خلال الفوهة الى الغلاف الجوي ولكن هذه العملية قد تأثر على بعض الاجزاء الاخرى المكونة للمحرك حيث تنصهر هذه الاجزاء وتفقد خصائصها وتعرقل في اداء وضيفتها في النهاية. لتجنب مثل هذه الاحداث وجب علينا تطبيق نوع من العزل لمحركات الصواريخ [1].

المكان الأساسي للعزل هو عادة بين الوقود الصلب وغلاف المحرك، والمواد الاكثر استعمالا هي E P D M (Ethylene Propylene Diene Monomer)هو مادة عازل نموذجية المستخدمة في محركات الصواريخ لديها القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية وحبسها كذلك .

5.6.3ـ الوقود :

1.5.6.3ـ المكونات :

في وقود محرك صاروخ الهواة يجب الاخذ بعين الاعتبار فعالية المكونات وثمنها ودرجة الامان ومدى قابليتها للتهيئة اليدوية ومردوديتها [3].

يتكون وقود المحرك من سكر المائدة 'مسحوق' كوقود قابل للاحتراق ومادة مؤكسدة نترات البوتاسيوم ويتم تحديد نسبة السكر الى النترات حسب الخصائص الوقود المرغوب فيها ويعتبر هذا الخليط الاكثر جودة من ناحية المردودية التفاعلية، بل أن تغير نسبة المؤكسد الى المختزل تتثر في سرعة خروج النواتج، CV ومعدل الاحتراق، r وكمية المواد الصلبة المطرودة او الخارجة من الفوهة [3].

2.5.6.3ـ الاحتراق :

معادلة الاحتراق المفترضة مبينة على تفاعل نترات البوتاسيوم (KNO_3) والاوكسجين (O_2)، وتحلل السكروز أو السكر تحت مفعول الحرارة ($C_{12}H_{22}O_{11}$) وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$a\ C_{12}H_{22}O_{11} + b\ KNO_3 \rightarrow c\ CO + d\ CO_2 + e\ H_2O + f\ k_2CO_3 + h\ C + i\ O_2$$

حيث K_2CO_3 : كربونات البوتاسيوم.

المعاملات من a الى i تتعلق بنسبة المؤكسد إلى المختزل و المعاملات c وh و i غالبا ما تكون منعدمة. من خلال هذه المعادلة يتضح إن النواتج الثانوية مثل: NO,K2O غالبا ما تكون مهملة إن معرفة معادلة

الاحتراق تمكن من حساب كمية الحرارة واقصى حرارة ممكنة إن يصل إليها الاحتراق ومقدار كمية الحرارة يتم تحديده انطلاقا من معادلة التوازن الحراري التالية [3]:

$$\sum_R \mathrm{n_i}\left[\hbar_\mathrm{f}^0 + \Delta\hbar\right]_\mathrm{i} = \sum_p n_e \left[\hbar_f^0 + \Delta\hbar\right]_e \qquad (1)$$

الشكل 2.2

بحيث إن R و P تتعلق بالمواد الناتجة على التوالي

و n_i ، n_e تمثل الاعداد الموالية للعناصر المتفاعلة والناتجة كل حدة.

$\hbar_\mathrm{f}^\mathrm{o}$ يعتبر المعامل الحراري لكل واحد مول.

$\Delta\hbar$ المعامل الموحد للحرارة الخاصة لكل مول وفق المعادلة التكاملية التالية:

$$\Delta\hbar = \int_{T_1}^{T_k} c_p dT + \Delta\hbar_{tr} \qquad (2)$$

بحيث ان:

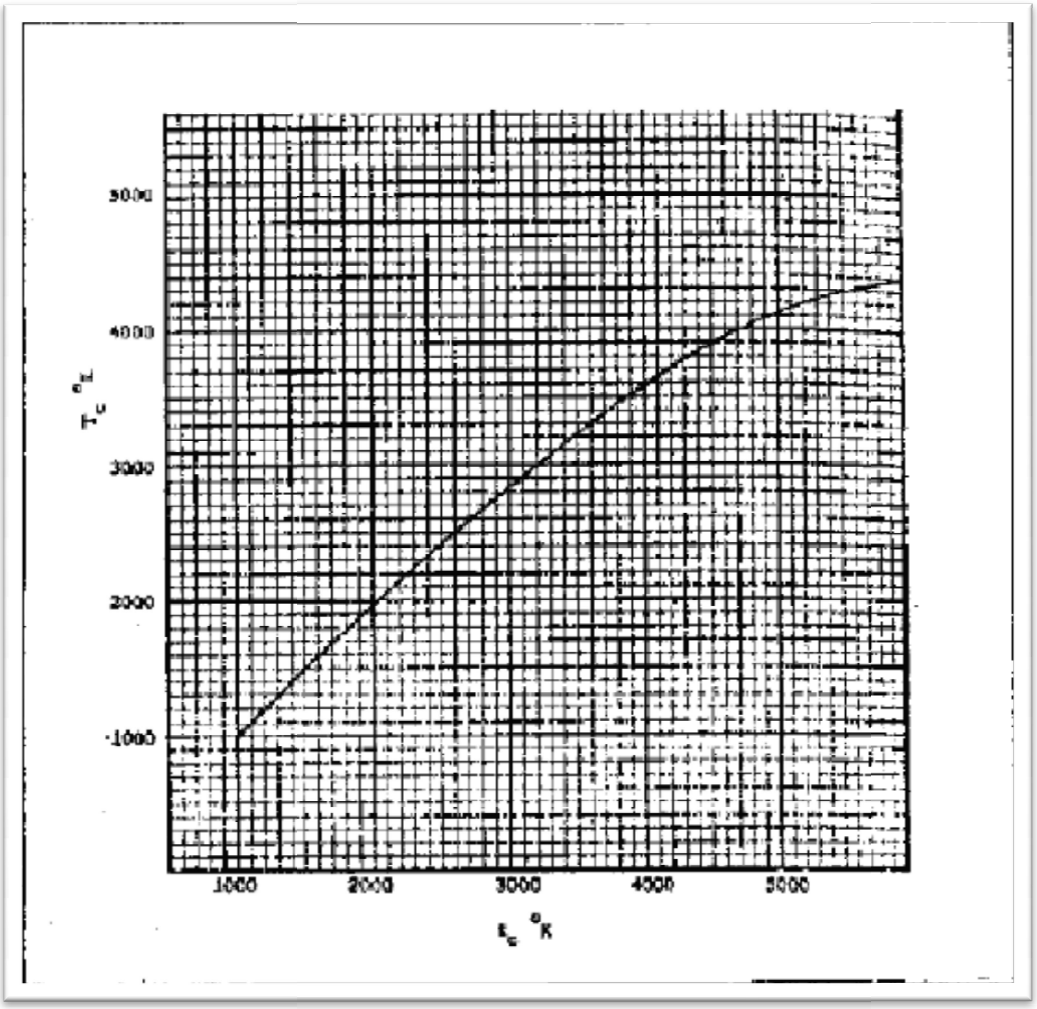
$\Delta\hbar_{tr}$ الكمون الحراري لكل مول (Enthalpy of transition/mole)

T_1 الحرارة المرجعية وهي 300 k

T_k ثابت الحرارة الداخلية (Adiabatic Flame Temperature AFT)

C_p الحرارة الخاصة عند ثابتة الضغط لكل مول (Specific Heat at Constant Pressure/Mole)

الملحق a يحتوي على نماذج حساب في معادلة التفاعل الكيميائي ل 56 من نترات البوتسيوم مع 35 من السكر .



الشكل 3.3: العلاقة بين الحرارة المحسوبة نظريا والحرارة المقاسة تجريبيا [3].

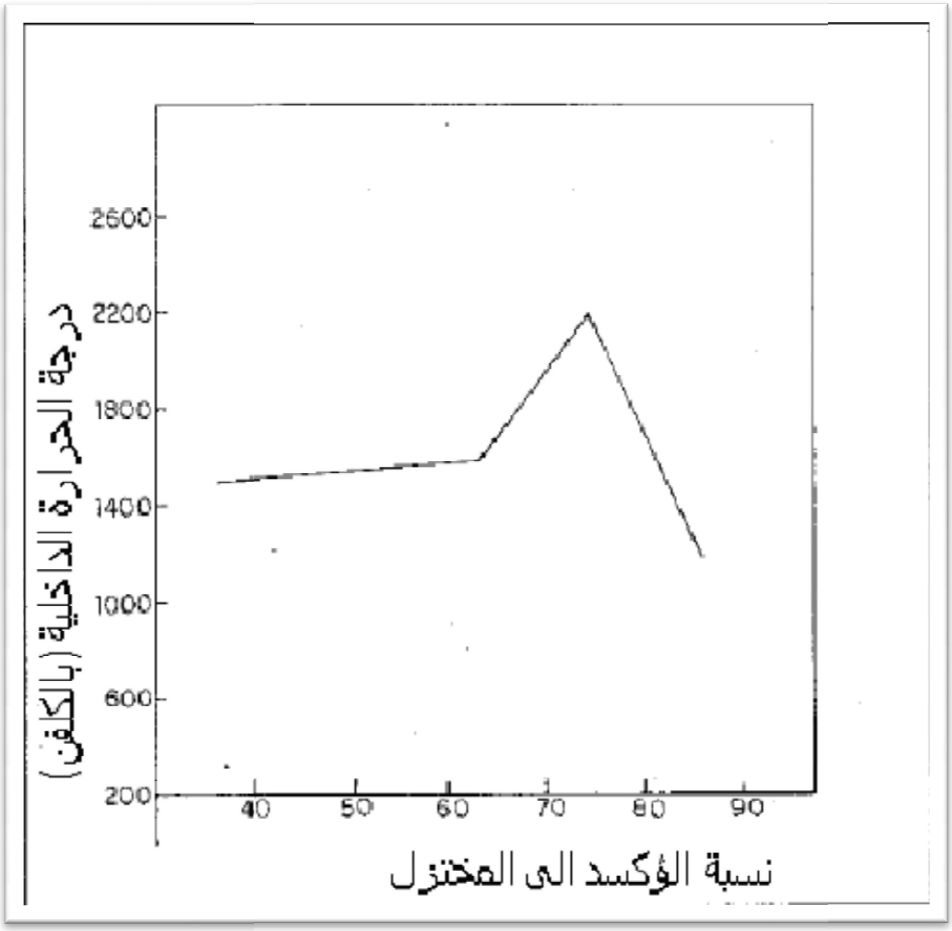
المنحنى يمثل المقارنة بين الحساب النظري والتجريبي لقياس حرارة التفاعل ثابتة الحرارة الداخلية الناتجة تتغير بتغير نسبة المؤكسد للمختزل كما يبين الشكل 3.4.

من خلال التمثيل البياني يتضح ان احداثي نقطة الحرارة القصرية توافق على محور النسب المئوية النسبة التي يكون فيها نسبة المؤكسد الى المختزل 26.7/73.3 وتكون معادلة الاحتراق هنا:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 9.6\ KNO_3 \rightarrow 7.2CO_2 + H_2O + 11H_2O + 3K_2NO_3 + 3N_2 \qquad (3)$$

اما النقطة التي يتحول فيها الكربون الى اول اكسيد الكربون فهي توافق النقطة التي يكون المؤكسد الى المختزل يمثل 63.9 على 36.1 وتكون معادلة الاحتراق في هذه الحالة :

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 6\ KNO_3 \rightarrow 9CO + H_2O + 11H_2O + 3K_2NO + 3N_2 \qquad (4)$$



الشكل 4.3: تغير درجة الحرارة الداخلية بدلالة نسبة المؤكسد الى المختزل [3].

والنسبة المعتمد بها للمحرك هي 35/65 يعنى 65 نترات البوتاسيوم و 35 سكر وتكون معادلة الاحتراق هنا كالتالي:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 6.28KNO_3 \rightarrow 8.29CO + 0.56CO_2 + 11H_2O + 3.14K_2NO_3 + 3.14N_2 \qquad (5)$$

ان تحليل مميزات محرك الصاروخ يبين النسبة المشار اليها اعلى تعتبر من أحسن النسب وهي الأكثر اعتمادا من قبل هواة الصواريخ.

هنالك عامل آخر يتم أخذه بعين الاعتبار حصريا في تحليل المميزات المثالية ويتعلق الامر بمعدل الوزن المولي للغازات الناتجة (تسمية المعامل M'). ويتم حسابه من معادلة الاحتراق و من الوزن المولي لكل ناتج على حدة وهو كالتالي [3]:

$$M' = \frac{n_i}{n_t} M'_i + \frac{n_j}{n_t} M'_j + \frac{n_k}{n_t} + M'_k + \ldots\ldots\ldots \qquad (6)$$

بحيث أن i,j,k مجموعة ثوابت فردية و n العدد المولي

t هي مجموع الاعداد المولية أما نسبة درجات الحرارة الخاصة

k فإنها كمية مهمة أخرى تاخد بعين الاعتبار في تحليل تدفق السوائل القابلة للانضغاط وهي التدفقات المارة من عبر الفوهة [3]. ويتم تحديد القيمة k وفق المعادلة :

$$K = \frac{C_p}{C_v} \quad (7)$$

بالنسبة لغاز مثالي k تمثل دالة حرارية فقط.ل وقيمتها تحدد انطلاقا من درجات الحرارة الخاصة C_p للغازات الناتجة كل على حدة كما يلي:

$$K = \frac{C_p}{C_v - R'} \quad (8)$$

بحيث R' تمثل ثابتة الغازات و:

$$C_p = \frac{n_i}{n_t} C_{p_i} + \frac{n_j}{n_t} C_{p_J} + \frac{n_k}{n_t} + C_{p_K} + \ldots\ldots \quad (9)$$

مهما تكن درجة الصعوبة من خلال ما رأيناة فان الصعوبة الحقيقية تتجلى عند دراسة التدفقات عند الفوهة حيث السرعات فوق صوتية أن درجات حرارة الغازات هنالك تنخفض بشكل ملموس ومنه فان C_p يمكن ان يلعب دور دالة حرارية، وانه من الممكن تحليل تدفق ما عن طريق حساب معدل ما عن طريق استعمال معاملات الانتروبيا الداخلية كما أن نتيجة مضبوطة بشكل كاف يمكن الحصول عليها عن طريق حساب معدل قيمة k لتدفق غازي عبر العنق (أنظر الملحق ب) كما أن التجارب أثبتت أن تغير قيمة k لا يكون له اثر كبير عند العنق مخروطي بتحدب قدره 15 درجة وذو مساحة صغيرة وهذا النوع من الفوهات يستعمل عادة في تجريب المحركات قيد التجريب، بقي معامل حراري لابد من الاشارة اليه و يتعلق الامر بمعامل معدل الاحتراق: r ويتم تحديده عادة بشكل تجريبي ، وهو كذالك عبارة عن دالة خاصة بمكونات الوقود المبدئية وضغط حرارة الاحتراق وسرعة خروج الغازات الناتجة على سطح الوقود الصلب (التآكل الاحتراقي) ، أنه لمن الضرورة بما كان المزج بينما هو نضري في المعادلة مع التجارب و الاختبارات بهدف تحديد معدل الاحتراق لوقود ما عدل. والمعادلة التالية تعطي بشكل تقريبي العلاقة بين معدل الاحتراق والضغط [3].

$$r = a\, P_0^{\,n} \quad (10)$$

بحيث أن a وn ثوابت يتم تحديدها تجريبيا، و P_0 يمثل ضغط حجرة الاحتراق وهو الاس n أو القوة n مقترنة بانحدار منحنى التمثيل البياني للضغط بدلالة معدل الاحتراق وهو غالبا ما يكون مرتبط بالحرارة البدئية للوقود الصلب. أما المعامل a فانه عبارة عن دالة الحرارة البدئية للوقود وليس الضغط وهو ما ينتج عنه تغيير في كمية الغازات الحارة الناتجة. وهما يتأثران أيضا بمعامل آخر يعتبر جد حاسم من حيث التأثير في الضغط الداخلي لغرفة الاحتراق خلال بضعة أجزاء من الثانية [3].

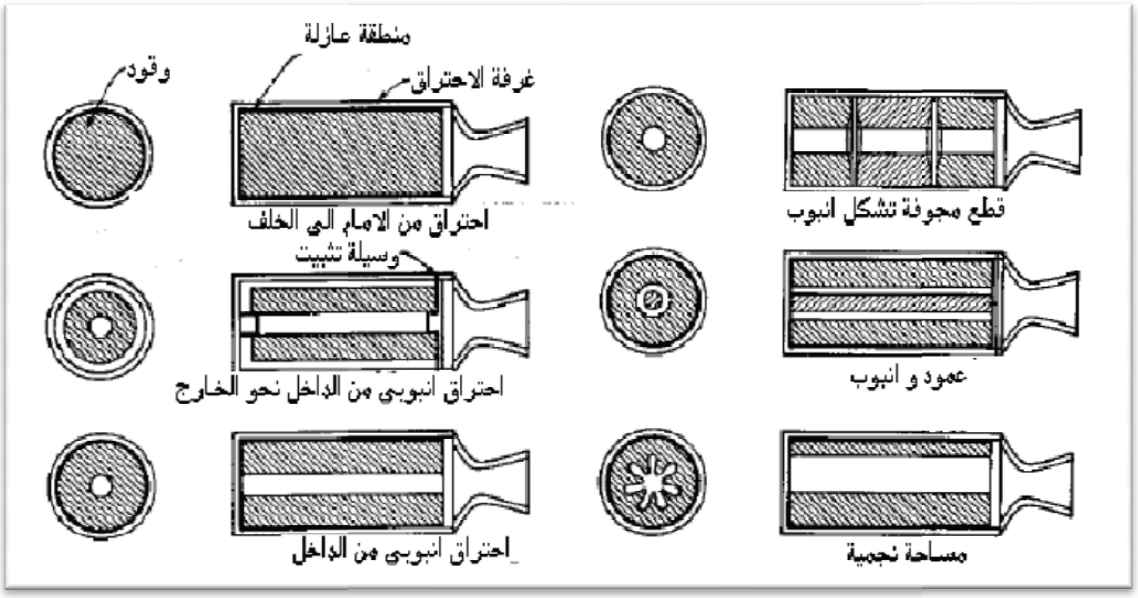
فعند انخفاض قيمة n لتقارب الصفر يزداد معدل الاحتراق اضطرابا وقد يتوقف الاحتراق حتى لذالك فان معظم أنواع الوقود لديها معامل ضغط ذو قوة أسية تتراوح ما بين 0.3 و 0.6 [2]. ويتم تصحيح هذا العامل عن طريق إجراء قياسات تجريبية تتم وفق المعادلة التالية:

$$r = r_0 (1+Ku) \quad (11)$$

بحيث أن: k ثابتة تجريبية و u تمثل سرعة الغازات.

3.5.6.3 ـ حبيبات الوقود 'أقراص الوقود الصلب' :

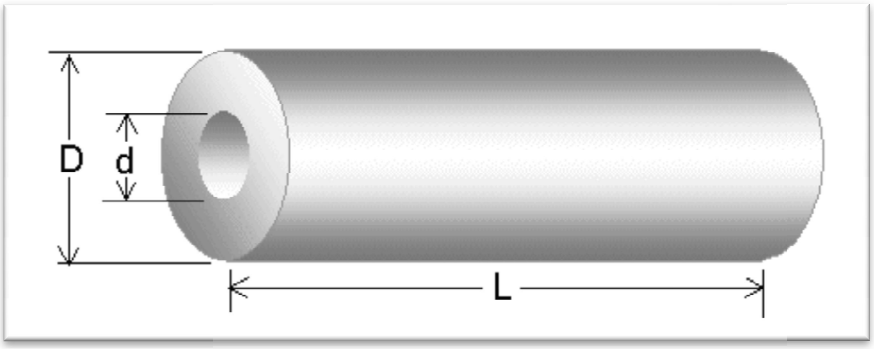
يتم تهيئ الوقود الصلب عن طريق خلط 65 من مسحوق المؤكسد و 34 غ من مسحوق المختزل خلطا جيدا ثم تسخين الخليط في في وعاء مناسب إلى درجة الانصهار ثم صبه في قالب خاص و يترك ليبرد حوالي ساعة من الزمن ثم استخرجه من قالبه وتخزينه ضد الرطوبة [2][3].



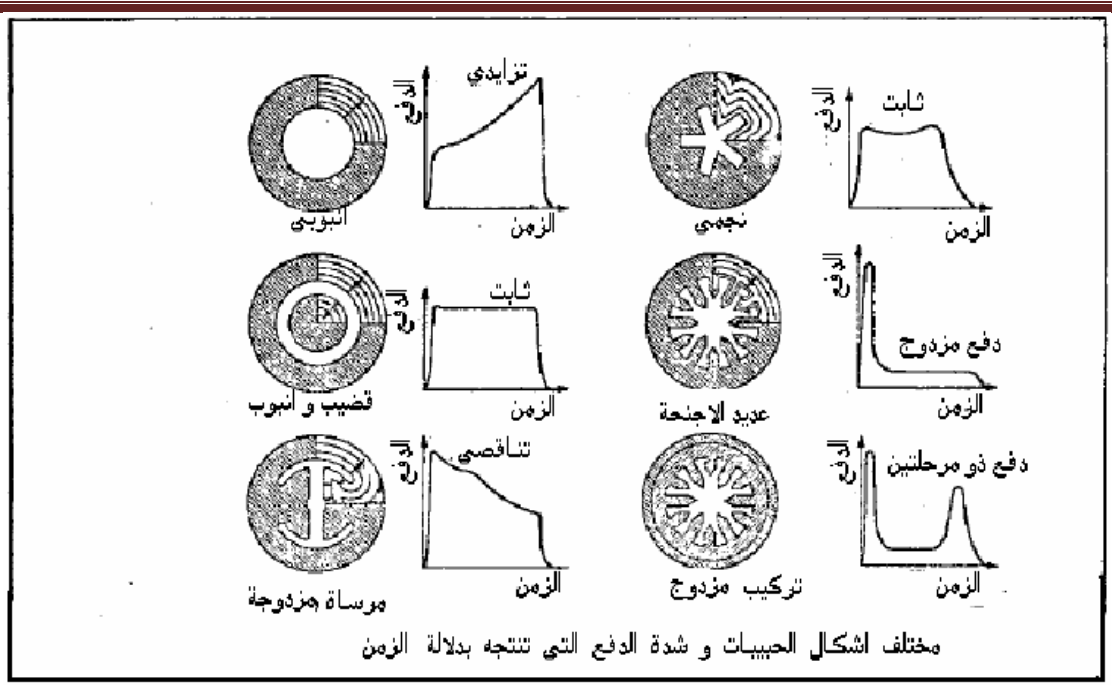
الشكل 5.3: رسم يوضح الاشكال الاكثر شيوعا التي يتخذها الوقود الصلب [3].

والمقياس الاساسي لاختيار شكل من الاشكال هو شدة الدفع بدلالة الزمن لان شدة الدفع لها علاقة بمساحة الاحتراق في كل لحظة.

ش 5.3 والاشكال الاكثر استخداما هي التي تعطي قوة دفع تزايدية او تناقصية او ثابتة كما هو موضح في الشكل 7.3.



الشكل 6.3: رسم توضيحي للوقود الصلب [3].



الشكل 7.3: مختلف اشكال القوالب وشدة الدفع التي تنتجها بدلالة الزمن [3].

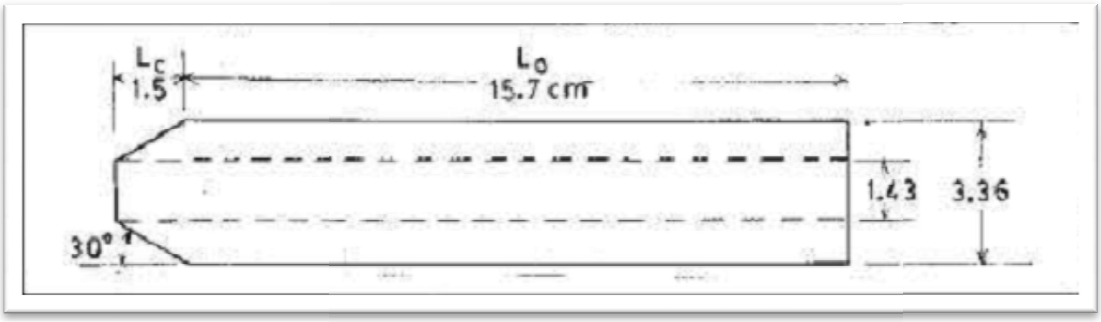
الشكل ذو الأفضلية للمحرك هو الشكل ذو أنبوب الاحتراق الداخلي نحو الخارج وخصائصه النظرية في ما يتعلق بشدة الدفع بدلالة الزمن انه احتراق تزايدي ويتعلق أيضا بنسبة الطول إلى العرض ومساحة الاحتراق المبدئية يتم تحديدها وفق المعادلة:

$$A_b = \Pi[L(D_0 + D_i) + 0.5(D_0 - D_i^2)] \qquad (12)$$

بحيث ان: L يعبر عن طول حبيبات الوقود، D_o وD_i يمثلان القطر الخارجي والداخلي لقطعة الوقود على التوالي،

ويمكن استعمال شكل أخر من أشكال الوقود داخل المحرك (الشكل 6.2) ومساحة الاحتراق تكون وفق المعادلة التالية[3] .

$$A_b = \pi\left\{L_0(D_0 + D_i) + {}^{L_C}/_4\,[3D_0 - 1/2(D_i - D_0)] + 1/4\left[\frac{1}{4\,(D_0+D_i)^2} + D_0^2 - 2D_i^2\right]\right\} \qquad (13)$$



الشكل 8.3: الشكل المعدل للوقود الصلب الذي يستعمل عادة في محركات الصاروخ [3].

و المعادلات يمكن تغيرهما عن طريق استعمال المعادلة (11) للحصول على مساحة الإحتراق اللحظي (t) Ab :

$$A_b(t) = \pi[(L - a\,t\,P_0^n)(D_0 + D_i) + 0.5(D_0 - D_i)^2]$$

(14)

ومنه

$$A_b(t) = \pi\left\{\begin{array}{c}(L_0 - a\,t\,P_0^n)\,(D_0 + D_i) + \frac{L_C}{4}\left[3D_0 - \frac{1}{2}(D_i - D_0)\right] \\ + \frac{1}{4}\left[\frac{1}{4}(D_0 - D_i)^2 + D_0^2 - 2D_i^2\right]\end{array}\right\}$$

حيث أن : t يمثل وحدة الزمن منذ بداية الإحتراق.

أنه لمن المهم القول أن هذه المعادلات تعبر عن الإحتراق المثالي الذي يفترض فيه، أن بداية الإحتراق تبدأ بشكل متزامن على مستوى كل مساحة الوقود الصلب. و تعبر كذلك عن ضغط غرفة الإحتراق و شدة الدفع التي يولدها المحرك .

إن كثافة الوقود ρ_p وكثافة الحبيبات ρ_g يعتبران ميزتان إضافيتان ستثبتان اهميتهما . وفي حقيقة الأمر فهما متطابقتان من الناحية النظرية و لكن تجريبيا كثافة الحبيبات أقل بقليل من كثافة الوقود . و كثافة الوقود المثالي مرتبطة بنسبة المؤكسد / المختزل ، وبما أن كثافة المادتين مختلفين بحيث [3].

كثافة نترات البوتاسيوم : $\boldsymbol{\rho_{KNO_3} = 2.11\ g/cm}$

و كثافة السكر : $\boldsymbol{\rho_{Sucrose} = 1.58\ g/cm}$

فإنه يمكن قياس الكثافة الكلية للخليط عن طريق المعادلة التالية [3]:

$$1/\rho_p = f_0/\rho_0 + f_f/\rho_f = 1.888\ g/cm\ 1$$

حيث أن f_f وf_0 تمثلان نسبة المؤكسد و نسبة المختزل من الخليط الكلي على التوالي و إذا أخذنا نسبة 35/65 كنسبة المؤكسد / المختزل في وقود حقيقي فإن نفس النسبة تعطي كثافة مرتفعة بنسبة 5 في المائة في وقود مثالي [3].

7.3ـ خاتمة:

المكونات الاساسية لمحركات الصواريخ ذات الوقود الصلب هي غرفة الاحتراق والتى يتم فيها احتراق الوقود الصلب او اقراص الوقود الصلب وغلاف خارجي لإعطاء شكل وتصميم جيد للمحرك وبينهما عازل حراري، فهو يحافظ على الحرارة المتواجدة داخل غرفة الاحتراق جراء احتراق الوقود الصلب وعدم تسربها من جهات اخرى لتوفير جميع عوامل الاحتراق التام والحصول على أحسن مردود للمحرك ويحمي كافة القطع الأخرى من التلف، ويتكون المحرك كذلك من فوهة وقادح به مسحوق سريع الالتهاب على سبيل المثال البارود، وأقراص الوقود الصلب. تثبت هذه الأجزاء جيدا ببعضها البعض مع مراعات عدم تسرب الحرارة أو تسرب الضغط الى من جهة واحدة وهي الفوهة والتى بدوراها تتحكم في سرعة خروج الغازات، فبخروج الغازات نتحصل على قوة الدفع. حيث تكون هذه القوة مدروسة بدقة حتى ترفع الصاروخ المراد إطلاقه.

قائمة المراجع

[1] GÖKAY PÜSKÜLCÜ –Analysis of 3-D Grain Burnback Of Solid Propellant Rocket Motors And Verification With Rocket Motor Tests – A Thesis Submitted to The Graduate Schoool of Natural And Applied Sciences of The Middle east technical University – August , 2004.

[2] George P . Sutton,'' Rocket Propulsion elements-Seventh Edition''A Wiley-Interscience Publication -2001

[3] http://www.nakka-rocketry.net/

الفصل الرابع

الصياغة الرياضية لأنظمة الدفع الصاروخية

1.4 – مقدمة :

في الميكانيكا الكلاسيكية، تعتبر كل نقطة أو جسم من المجموعة أثناء الحركة مقدارا ثابتا، إلا أن تكوين جسيمات المجموعة المعطاة أو الجسم يمكن في بعض الحالات أن يتغير بتغير الزمن (يمكن أن تنفصل عن الجسم بعض جسيماته أو أن تتحدد به جسيمات من خارجه). و لذا تتغير الكتلة الكلية للجسم. سنتناول هنا حالة ذات أهمية عملية و هي عندما تحدث عملية انفصال الجسيمات أو اتحادها بالجسم بصورة متصلة. فالجسم ذو الكتلة M التي تتغير بمرور الزمن نتيجة انفصال جسيمات مادية عنه أو اتحاد جسيمات أخرى به يسمى بالجسم ذي الكتلة المتغيرة، و تعتبر الصواريخ و الطائرات النفاثة التي تتناقص كتلتها عمليا بصورة متصلة نتيجة لاستهلاك الوقود أمثلة لهذه الأجسام. إذا أمكن أثناء الحركة إهمال أبعاد الجسم ذي الكتلة المتغيرة بالمقارنة مع المسافات التي يقطعها، فانه تمكن دراسته باعتباره نقطه مادية متغيرة الكتلة. نعين معادلة حركة صاروخ، تتناقص كتلته باتصال، بدراسته باعتباره كنقطة متغيرة الكتلة. مع مراعات الخصائص الاخرى من درجة الحرارة والضغط والى أخره المعادلات المقدمة في هذا الفصل معادلات تساعدنا على حل المشاكل التي تصادفنا لكي نعطي دفع جيد للصاروخ.

2.4 ـ الصيغة الرياضية لحركة الصاروخ :

للجسم ذي الكتلة المتغيرة المعادلة التالية :

$$M = F(t) \qquad (01)$$

حيث: F(t) دالة متصلة في الزمن.

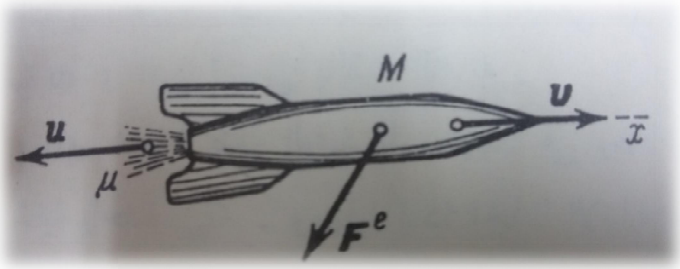
نرمز للسرعة النسبية (بالنسبة لهيكل الصاروخ) لاندفاع منتجات الاحتراق من الصاروخ بالرمز μ. للتخلص من قوى الضغط التى تدفع منتجات الاحتراق بجعلها قوى داخلية ندرس في لحظة زمنية ما t المجموعة المكونة من الصاروخ نفسه و الجسيم الذي ينفصل عنه خلال الفترة الزمنية dt (شكل 1.1).و كتلة هذا الجسيم تساوي المقدار dM أي التغير الحادث في كتلة الصاروخ خلال الزمن dt . و بما ان M مقدار متناقص فان dM<0 و بالتالي تكون $\mu = |dM| = - dM$.

و يمكن كتابة معادلة كمية حركة المجموعة بالصورة التالية :

$$dQ = F^e\, dt \qquad (02)$$

حيث F^e – المجموع الهندسي للقوى الخارجية المؤثرة على الصاروخ. و إذا تغيرت سرعة الصاروخ v خلال الفترة dt بمقدار dv، فإن كمية حركة المجموعة تكتسب عند ذالك الزيادة Mdv. و يكتسب الجسيم المنفصل خلال هذا الزمن سرعة إضافية u (بالنسبة إلى سرعته السابقة)، حيث u ـ كما سبق ذكره هي السرعة النسبية لاندفاع منتجات احتراق الوقود. و نتيجة ذلك تزداد كمية حركة المجموعة بمقدار $u_{\mu=} -\mu dM$. و بالتالي فان :

$$dQ = Mdv - udM$$



الشكل 1.4: شكل تخطيطي لصاروخ و القوى المؤثرة [01].

و بالتعويض بهذه القيمة في المعادلة (01) و قسمة الطرفين على dt نحصل على :

$$M\frac{dv}{dt} = F^e + u\frac{dM}{dt} \qquad (03)$$

والمعادلة (03) في الصورة الاتجاهية هي عبارة عن المعادلة التفاضلية لحركة نقطة متغيرة الكتلة او معادلة ميشيرسكي [01].

و بالأخذ بنظر الاعتبار أن الحد الأخير في الطرف الأيمن من المعادلة (03) هو من حيث و حدات القياس عبارة عن قوة، فنرمز له بالرمز ϕ يمكننا إن نكتب المعادلة (03) في صورة أخرى :

$$M\frac{dv}{dt} = F^e + \phi \qquad (04)$$

و بذالك يؤول التأثير النفاث إلى حدوث تأثير إضافي على الصاروخ إثناء الحركة بواسطة القوة ϕ، التي تسمى بالقوة النفاثة [01].

المقدار $\frac{dM}{dt}$ يساوي عدديا كتلة الوقود المستهلك في وحدة الزمن اي الوقود المستهلك خلال ثانية واحدة G_{sec} و بهذا فإذا أخذنا الاشارة بنظر الاعتبار فان :

$$\frac{M}{dt} = -G_{sec}$$

و منها ينتج أن :

$$\phi = -u\,G_{sec} \qquad (05)$$

أي أن القوة النفاثة تساوي حاصل ضرب كتلة الوقود المستهلك خلال ثانية واحدة بالسرعة النسبية لاندفاع منتجات احتراق هذا الوقود، و تتجه في اتجاه مضاد لهذه السرعة.

نعين كيف يتحرك الصاروخ تحت تأثير القوة النفاثة فقط، باعتبار أن $F^e = 0$ و أن السرعة النسبية لاندفاع الغازات من الصاروخ ثابتة. نمد محور الإحداثيات (ox) في اتجاه الحركة (انظر الشكل 15) و عندئذ يكون $u_x = -u$. $v_x = v_0$ و تأخذ المعادلة (03) بعد إسقاطها على المحور x مع وضع $F^e = 0$ الصورة التالية [01]:

$$M\frac{dv}{dt} = -u\frac{dM}{dt}$$

أو

$$dv = -u\frac{dv}{M}$$

و بتكامل هذه المعادلة مع اعتبار أن الكتلة في اللحظة الابتدائية هي $M = M_0$ و السرعة $v = v_0$ و متجهة على امتداد ox نجد أن :

$$v_1 = v_0 + + u \ln \frac{M_0}{M} \quad (06)$$

و نرمز لكتلة هيكل الصاروخ و معداته بالرمز M_K و كتلة الوقود بالرمز M_f . و عندئذ من الواضح أن : $M_0 = M_k + M_f$ ، و تصبح كتلة الصاروخ عندما يستهلك كل الوقود مساوية M_k. و بالتعويض بهذه القيم في المعادلة (06) نحصل على معادلة تسيلكوفسكي التي تحدد سرعة الصاروخ عندما يستهلك كل الوقود (السرعة في نهاية ما يسمى بالمرحلة الفعالة – boost stage).

$$v_1 = v_0 + u \ln(1 + \frac{M_f}{M_k}) \quad (07)$$

و تكون هذه النتائج صحيحة بدقة في الفراغ اللاهوائي و خارج مجال القوى.

و يتضح من المعادلة (07) أن السرعة النهائية للصاروخ تعتمد على :

1ـ سرعته الابتدائية $2\ v_0$

2ـ السرعة النسبية لاندفاع منتجات الاحتراق $3u$

3ـ الاحتياطي النسبي للوقود $\frac{M_f}{M_k}$ (عدد تسيلكوفسكي).

نذكر هنا حقيقة هامة جدا، و هي أن سرعة الصاروخ في نهاية فترة احتراق الوقود لا تعتمد على نظام عمل المحرك النفاث أي درجة سرعة آو بطء احتراق الوقود كله، بل بالعلاقة بين المقدارين $\frac{v_1}{u}$ و $\frac{M_f}{M_k}$.

تكمن الأهمية العملية لمعادلة تسيولكوفسكي في أنها تبين الطرق المحتملة للحصول على السرعات الكبيرة اللازمة للطيران في الفضاء ومن أجل ذلك تجب زيادة $v_0, u, \frac{M_f}{M_k}$ علما أن زيادة u, v_0 هي الطريقة الأكثر عملية. تتعلق زيادة u و $\frac{M_f}{M_k}$ بنوع الوقود و تصميم الصاروخ (في الصواريخ الضخمة ذات الوقود السائل $u = 2000 \div 2500$ [m/sec], $\frac{M_f}{M_k} = 3 \div 4$) و تكمن زيادة v_0 بواسطة استخدام الصاروخ المركب أي (متعدد المراحل) الذي تنفصل أجزاؤه (مراحلة) اتوماتيكيا عن المرحلة الأخيرة، بقدر استهلاك الوقود الذي فيها.و تكتسب المرحلة الأخيرة نتيجة لذالك سرعة إضافية (ابتدائية) [01].

3.4 ـ نظرية الفوهة :

إن تحليل تدفقات الفوهة تستدعي دراسة التدفقات الغازية المنضغطة الأحادية البعد و هنالك اختلاف بين تدفق و آخر مثالي لأن التدفق الحقيقي قد يحتوي عناصر سائلة و صلبة و سنرى ذلك بالتفصيل .

تهتم دراسة تدفقات الغازية عبر فوهة محرك الصاروخ تحديد أربعة معادلات جد أساسية في معرفة خصائص الفوهة و هي :

- الاستمرارية
- شد العزم
- الطاقة
- معادلة الحالة

و هذه المعادلات تستعمل أولا في تركيب الفوهة بغرض الحصول أقصى سرعة طرد غازي أو خروج غازي ولا يتأتى هذا الغرض إلا بعد تقليص العراقيل الناتجة عن خشونة سطح الفوهة و اضطراب الخروج الغازي و تسرب الغاز من أماكن غير مسموح بها أو تسرب حراري غير متحكم فيه [2].

1.3.4ـ التدفق داخل الفوهة :

إن وصف حالة تدفق في أي نقطة منها تستدعي استخدام وضعية الاستقرار كمرجعية للوضعيات الأخرى. معادلة الطاقة بالنسبة لتدفق ما بين نقطتين x و y بحيث أن تناقص الطاقة الداخلية يؤدي الى تناقص الطاقة الحركية و هو معطى على الشكل التالي :

$$h_x - h_y = {}^1/_2\ (v_y^2 - v_x^2) = C_p(T_x - T_y) \qquad (8)$$

حيث T ,v,h تمثل على التوالي كل من الحرارة الكامنة (الانثالبية) ، السرعة ، درجة الحرارة.

و درجة الحرارة T_0 يتم تحديدها من معادل الطاقة التالية [2]:

$$T_0 = T + V^2/2C_p \qquad (9)$$

بالنسبة لتحول مكافئ لتدفق ما فإن ظروف حالة الركود تكون وفق المعادل التالية

$$T_0/T = (P_0/P)^{(k-1)/k} = (\rho_0/\rho)^{k-1} \qquad (10)$$

و تكون سرعة في مجال الصوت لغاز كامل كما في المعادلة :

$$\bar{a} = \sqrt{krt} \qquad (11)$$

بحيث ان r ثابت الغازات

ويحدد عدد ماخ عن طريق قسمة مقدار سرعة التدفق على سرعة الصوت الموضعية.

$$M = v/\bar{a} \qquad (12)$$

ومن المعادلات(10 من الفصل الثالث) (11) (12) يمكن تحديد العلاقة بين درجة الحرارة وعدد ماخ كما يلي:

$$T_0/T = (1 + (k-1)/2)M^2 \qquad (13)$$

من خلال القانون الأول و الثاني للديناميكا الحرارية يمكن تميز غاز كامل بحرراته الخاصة وفق معادلة :

$$P/\rho^k = \text{ثابت} \qquad (14)$$

ومن النتيجة ومن معادلة الحالة، P= ρRT فإن العلاقة بين ضغط الإستقرار و الكثافة و عدد ماخ تصبح على هذه الشاكلة [2]:

$$\frac{P_0}{P} = \left[1 + \frac{k-1}{2} M^2\right]^{\frac{k}{k-1}} \quad (15)$$

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \left[1 + \frac{k-1}{2} M^2\right]^{\frac{1}{k-1}} \quad (16)$$

إن استعمال المعادلات (13) و (15) و (16) تمكن من معرفة الخواص(ρ,P,T) داخل مجال تدفقي إذا كان عدد ماخ و جميع خواص الاستقرار معلومة. و من معادلة الطاقة بالنسبة لتدفق حراري (3.1) يمكن تحديد الحرارة الداخلية للإستقرار كما يلي [2]:

$$h_0 = h + V^2/2 \quad (17)$$

من الناحية الفيزيائية فإن ركود الكمون الحراري أو الانثالبية هو الركود الذي يجب تحقيقه إذا تم تباطؤ التدفق الى غاية السكون . ويمكن ملاحظة أن خصائص هذا الاستقرار (P_0,ρ,T_0) مرتبطة بركود الحرارة الكامنة الانثالبية من خلال الحرارة الخاصة و معادلة الوضعية و يظهر من خلال هذا أن كل خاصية من هذه الخصائص هي ثابتة من حيث حرارة المجال التدفقي . و تكون معادلة التدفق الغازي كما يلي:

$$\rho AV \quad \rho^* A^* V^* = \text{ثابت} \quad (18)$$

بحيث أن:

A تعبر عن مساحة الفوهة.

V تعبر عن سرعة التدفق.

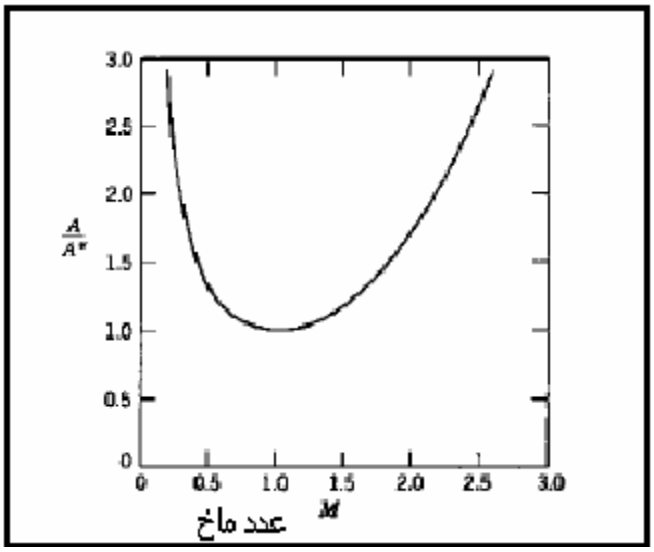
و* تمثل معامل الظروف الحرجة أو عند الاشتغال بالعدد ماخ يعنى سرعة فوق صوتية.

ومن خلال كل من المعدلات (11) و (13) و (16) و (18) يمكن تعبير نسبة مساحة الفوهة بدلالة عدد ماخ.

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M}\left[\frac{1+\frac{K-1}{2}M^2}{1+\frac{K-1}{2}}\right]^{\frac{K+1}{2(K-1)}} \quad (19)$$

من خلال الشكل (3.4) يتضح بشكل جلي إن تقعر و تحدب مساحة فوهة ما و تشكيل العنق كلها عوامل مطلوبة بهدف تسريع تدفق الغاز من سرعة دون سرعة الصوت الى سرعة فوق السرعة الصوتية .

إن تغير هذه العوامل أثناء تدفق عبر الفوهة تؤدي الى نتائج موضحة بواسطة الرسم البياني في الشكل (3.4)



الشكل 2.4: تغير نسبة A/A* بدلالة عدد ماخ [2].

ومن خلال المعادلة (8) (17) يمكن ايجاد معادلة سرعة التدفق عبر الفوهة Ve كما يلي :

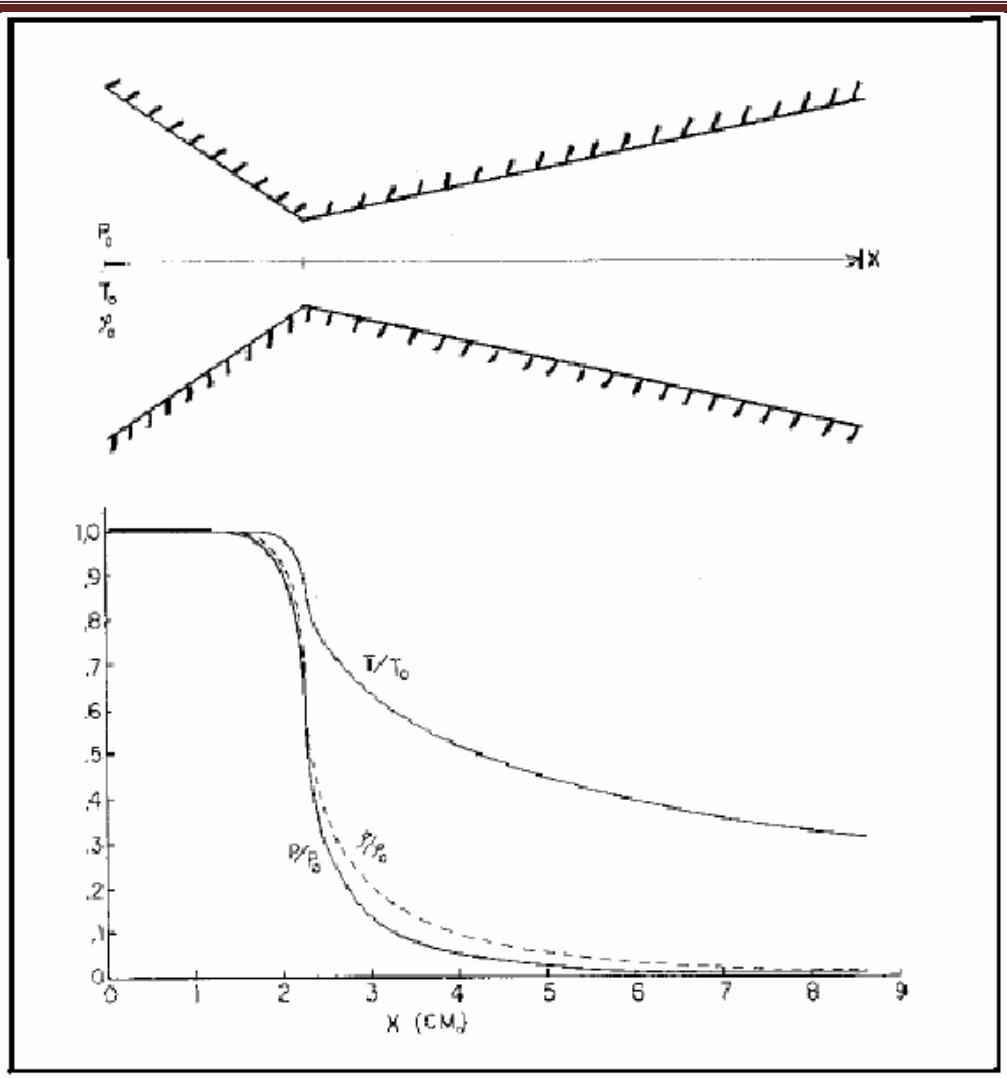
$$V_e = \sqrt{2(h_x - h_e) + V_x^2} \qquad (20)$$

بحيث : h_x و V_x تعبران على التوالي على الكمون الحراري الانثالبية و السرعة الموضعية في الفوهة. وهذه العلاقة صالحة للتطبيق سواء في الظروف المثالية أو الغير مثالية للصاروخ.كما يمكن إعادة صياغة هذه العلاقة عن طريق الاستعانة بالمعدلات (8'من الفصل الثالث') و (10) و (8)

$$V_e = \sqrt{\frac{2k}{k-1}\frac{R'T_0}{M'}\left[1 - \left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad (21)$$

لوصف تدفق بين غرفة الإحتراق, (حيث أن ظروف الإستقرار من المفروض وجودها هنا)و مخرج الفوهة.

و من هذه المعادلة يلاحظ أن سرعة الخروج القصوى تحدث عند معدل ضغط متناهي في الصغر , أو عندما يحدث طرد الغاز داخل مفرغ من الهواء .



الشكل 3.4: تغير الكثافة ρ والضغط P و الحرارة T عبر فوهة محرك الصاروخ [2].

و التناسب بين الفوهة و بين كل منطقة تدفقية قيمة الضغط P_x يمكن التعبير عنه كعلاقة تناسب بين الضغط و المعامل k و ذلك باستعمال المعادلات (10) و (16) و (13) و (11) و (21) كما يلي :

$$\frac{A^*}{A_x} = \frac{\rho_x V_x}{\rho^* V^*}$$

$$\frac{A^*}{A_x} = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \left(\frac{P_x}{P_0}\right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{\frac{k+1}{k-1}\left[1 - \left(\frac{P_x}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad (22)$$

تعتبر جد مهمة لأنها تمكن من تحديد مساحة الخروج A_0 عندما يكون ضغط الخروج مكافئ لضغط المحيط Pa (غالبا 1 جو) . وهذا ما يعرف بالشرط الابتدائي لأي تصنيع بهدف الحصول على أكبر قدر من قوة الدفع و لهذا الغرض فإن : A_e/A^* يعرف بـ منسوب التوسع المثالي [2].

2.3.4 ـ معاملات الجودة :

1.2.3.4 ـ الدفع :

إن قوة دفع F لمحرك صاروخ ما يمكن التعبير عليها وفق المعادلة التكامل التالية :

$$F = \int P\, dA = m^0 V_e + (P_e - P_a)A_e \qquad (23)$$

الجزء الأول من المعادلة يمثل التعبير الرياضي التكاملي لقوى الضغط المطبقة داخل غرفة الاحتراق و الفوهة شكل (3.4) و m^0 يمثل معدل التدفق الكتلي و V_0 تمثل سرعة الخروج الغازي.

أما الجزء الثاني يسمى بدافعة الضغط المطبقة و هي تساوي صفر بالنسبة لفوهة ذات نسبة توسع أو معدل التحدب المناسب. و منه يمكن كتابة المعادلة السابقة كما يلي :

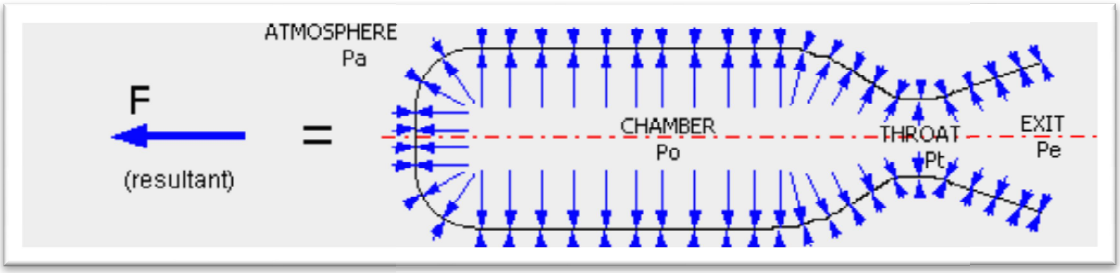
$$F = \rho^* V^* A^* V_e + (P_e - P_a)A_e \qquad (24)$$

و يمكن تغيرها باستعمال (21) و(11) و(16) للحصول على الشكل الرياضي :

$$F = A^* P_0 \sqrt{\frac{2k^2}{k-1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}\left[1 - \left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} + (P_e - P_a)A_e \qquad (25)$$

و هو يوضح أن القوة الدافعة متناسبة بشكل طردي مع :

1ـ مساحة العنق.
2ـ ضغط غرفة الإحتراق.
3ـ نسبة الضغط عبر العنق.
4ـ معامل الحرارة الخاصة k.
5ـ قوة الضغط الدافعة.



الشكل 4.4: توزع الضغط داخل جدار غرفة الاحتراق والفوهة [2].

نلاحظ انخفاظ الضغط تدريجيا من غرفة الاحتراق الى غاية خروجه من الفوهة ليقارب قيمة الضغط الخارجي في نهاية الفوهة .

2.2.3.4 ـ معامل الدفع :

إن معامل الدفع C_f يتم تحديده عن طرق قسمة مقدار قوة الدفع على مقدار الضغط و مساحة الفوهة كما يلي :

$$C_f = F / P_0 A^* \qquad (26)$$

و هو يمكن من تحديد تخضيم القوة الناتجة عن التمدد الغازي داخل الفوهة بالمقارنة مع قوة التمدد الغازي على مستوى مساحة الفوهة فقط. انطلاقا من المعادلة (25) يمكن تعبير معامل الدفع وفق المعادلة التالية [2]:

$$C_f = \sqrt{\frac{2k^2}{k-1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} + \frac{(P_e-P_a)}{P_0}\frac{A_0}{A^*} \qquad (27)$$

لكل نسبة ضغط ثابت P_e/P_0 يمكن ايجاد القيمة القصوى لـ C_f عن طريق إجراء الإشتقاق التالي :

و منه يمكن القول أن معامل لا يصل الى قيمته القصوى الا بعد تساوي ضغط الفوهة مع الضغط الجوي $P_a = P_e$ أو تكون الشروط الهندسية للفوهة مناسبة.

المعادلة 19 تستخدم عادة لمقارنة قيمة معامل الدفع المحصل عليها تجريبيا مع القيمة المحسوبة نظريا باستخدام المعادلة 20 .

3.2.3.4 ـ مميزات سرعة تدفق الغازات :

تحدد سرعة الغازات CV عن طريق حساب المعادلة : $CV = c/C_f$

بحيث

c معدل السرعة الفعلي وفق المعادلة :

$$c = \frac{F}{\dot{m}} = V_e + (P_e - P_a)\frac{A_e}{\dot{m}} \qquad (28)$$

سرعة التدفق يمكن تعبيرها كدالة خصائص الغاز داخل غرفة الإحتراق و ذلك باستعمال كل من المعادلات السابقة 21 و19 و 4.

$$cv = \sqrt{\frac{RT_0}{k\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}} \qquad (29)$$

قيمة سرعة التدفق تشكل استحقاق للوقود الدفع و هندسة غرفة الاحتراق و هي مستقلة عن خصائص الفوهة . وهو ما يجعل منها وسيلة مقارنة لمختلف أنواع الوقود.

أنه لمن المهم الاشارة الى انه $R = R'M'$ و$CV \sim \sqrt{(T_0/M')}$

و هو ما يبين أنه عندما تكون قيمة سرعة التدفق عالية قد تكون درجة الحرارة T_0 منخفضة .

ان درجة الحرارة العالية قد تؤثر في مختلف اجزاء المحرك المعرضة بشكل مباشر للغازات الساخنة و هو شيئ ملاحظ و خصوصا عند إجراء الاختبارات السكونية حيث يلاحظ احمرار الفوهة برمته خلال ثانية أو اقل وذلك تحت تأثير احتراق الوقود [2].

و هو ما ينتج عنه تآكل السطح الأملس للفوهة و خصوصا إذا كانت مدة الاحتراق تستغرق عدة ثواني.و لهذه الأسباب سيتحسن الزيادة في سرعة التدفق عن طريق تخفيض قيمة الوزن المولي لمكونات الوقود M' عوض الزيادة في الحرارة الأستقرار T_0. و هذا يتحقق عن طريق استعمال وقود غنى من الناحية الحرارية.

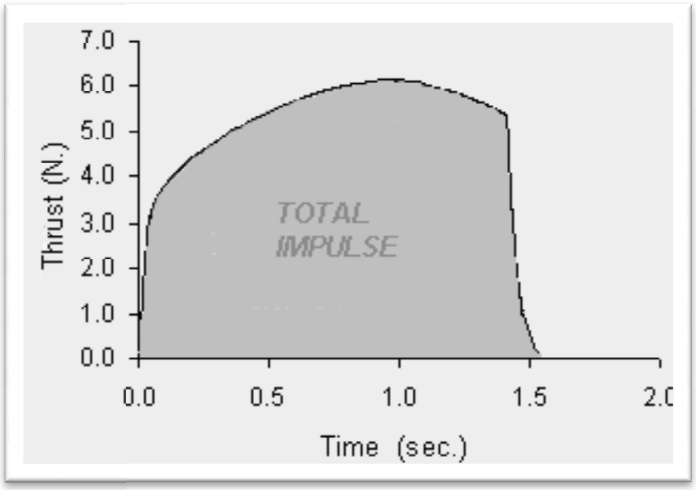
يمكن اعتبار سرعة التدفق دالة للحوافز (n R T) الخاصة بوقود الدفع . و يستفاد منه في تحديد سرعة التدفق داخل محتبر عن طريق قياس ثابت الحجم باستخدام تقنية القنبلة المغلقة [3].

4.2.3.4 ـ النبض :

النبض أو النبض الكلي I هو عبارة عن تعبير قوة الدفع الكاملة خلال وحدة الزمن t :

$$I = \int_0^{t_b} F\, dt \qquad (30)$$

أو هو مساحة المخططة في المبيان التالي بدلالة القوة الدافعة و الزمن t الشكل 4.3:



الشكل 5.4: رسم بياني للنبض الكلي [2].

مدة النبض الخاص توافق من حيث الطول المدة الخاصة بالاحتراق t_b و بالنسبة للمحركات التى لها مدة احتراق تمتد لعدة ثواني أما المحركات الصغيرة فإن قوة الدفع هي مدة الإحتراق زائد المدة الكافية لخروج الغازات المتبقية من حجرة الاحتراق. و يعبر عن النبض الكلي في هذه الحالة بالتعبير الرياضي التالي :

$$I = \frac{2}{k+1} C_f P_0 A^* \tau \qquad (31)$$

بحيث τ تمثل ثابت الزمن و يمكن التعبير عنها أيضا بالمعادلة الرياضية :v

$$\frac{1}{\tau} = \frac{A^* P_0}{\rho_0 \vartheta_0 CV}$$

يعبر n عن العدد الاسي لمعدل الاحتراق أما V_0 فانه يمثل حجم غرفة الاحتراق ان النبض الخاص من اهم العوامل المستعملة في تحديد قيمة جودة محرك صاروخي ما، و هو عبارة عن القوة الدافعة المحصلة من قيمة التناقص الكتلي للصاروخ خلال مرحلة الاحتراق وفق المعادلة التالية :

$$I_{sp} = F/w^{\circ} = c/g \qquad (32)$$

بالنسبة للمحركات ذوات الوقود الصلب من الصعب قياس التناقص الكتلي. و منه يكتفي عادة بتحديد النبض الخاص وفق المعادلة :

$$I_{sp} = I/t$$

إن النبض الخاص المثالي لوقود صلب و محرك معين يمكن حسابه انطلاقا من تركيب كل من المعادلات 25 و 14 للحصول على المعادلة :

$$I_{sp} = \sqrt{\frac{2k}{s^2(k-1)}\frac{R\prime}{M\prime}T_0\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad (33)$$

بهدف إجراء مقارنة فان P_0 تأخذ قيمة 1000 psia و P_e تأخذ قيمة 14,7 psia من المتعارف عليه فان ابسط طريقة نصف تجريبية لتحديد النبض الخاص ثم تطويرها من قبل كل من Free B.A and Sarner .S.f [4] مع نسبة خطا محتل مابين 3% الى 5%.

مع الإشارة الى ان السرعة التدفق تحدد أيضا طاقة الوقود الصلب و النبض الحقيقي يتم تحديده عن طريق استعمال تقنية القنبلة الباليستكية كما تمت الإشارة اليه سابقا و العلاقة بين النبض الخاص و سرعة التدفق تكون وفق التعبير الرياضي التالي :

$$I_{sp} = (CV\ Cf)/g \qquad (34)$$

5.2.3.4 ـ الضغط داخل غرفة الاحتراق :

بالنسبة لغرفة الاحتراق الخاصة بمحركات الصواريخ ذات الوقود الصلب فهي عبارة عن وعاء اسطواني الشكل يحتوي الوقود الصلب و قادر على تحمل ضغط عالي و عملية الاحتراق تتم على مساحة الوقود بحيث يكون معدل كتلة [2].

المواد الوقودية المحترقة و تكون النواتج غازية فقط غير سائلة و غير صلبة في الحلات المثالية وفق المعادلة التالية .

$$m_g^o = \rho_p A_b r \qquad (35)$$

بحيث تكون معدل التدفق الغازي و مساحة الاحتراق و نسبة التناقص المساحي (الاحتراق) و نسبة التخزين الغازي داخل غرفة الاحتراق يكون وفق المعادلة التالية [2].

$$dm_s/dt = \left(d/dt\right)^{*} \rho_0 v_0 \qquad (36)$$

بحيث تعبر عن الكثافة اللحظية للغاز الناتج و تعبر عن الحجم اللحظي لغرفة الاحتراق . و استعمال هاتين المعادلتين كتبير عن معدل الاحتراق و تؤدي التعبير عن ضغط غرفة الاحتراق كما يلي [2].

$$P_0 = \left[\frac{A_b}{A^*}\frac{a(\rho_p-\rho_g)}{\sqrt{\frac{k}{RT_0}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}\right]^{\frac{1}{1-n}} \qquad (37)$$

بالنسبة لضغط P_0 و قوة الدافع ثابتين من الواضح ان مساحة الاحتراق تبقى ثابتة أيضا خلال ظروف احتراق طبيعية و الضغط اللحظي للغرفة يمكن ان يعبر عنه بنفس التعبير الرياضي السابق و تكون القيمة A_b كتعبير عن مساحة الاحتراق اللحظي و تغير هذه لقيمة خلال وحدة الزمن يتعلق فقط بمعدل الاحتراق و الشكل الهندسي الاولي للوقود الصلب.

بالنسبة للمحركات ذات مدد احتراق وجيزة (اقل من ثانية) و التى يكون فيها ظروف حالة استقرار متوفرة , تطبق المعادلة 37 لحساب ربما نصف او ثلث مدة الدفع الكلي. و يعزى هذا التاخر الى مدة الاشتغال البطيئة نسبيا وكذلك غرفة الاحتراق تكون مليئة بالهواء البارد و كذلك فان المرحلة البدئية للضغط تكون على درجة من التعقيد و قد تمت دراستها من طرف كل من " Von Karman and Malina "، حيث انهما قاما بوضع تعبير رياضي لقيمة الضغط بدلالة الزمن كما يلي [5].

$$P = P_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \qquad (38)$$

بحيث ان P تعبر عن الضغط اللحظي خلال الزمن t و τ عامل يتم تحديده مسبقا .

مباشرة بعد نهاية الاحتراق تبقى غرفة الاحتراق مليئة بغاز المضغوط و تكون معادلة الضغط هنا بدلالة الزمن كتالي .

$$P = P_0\left(1 + \frac{k-1}{2}\frac{t}{\tau}\right)^{\frac{-2k}{k-1}} \qquad (39)$$

4.4ـ التصحيحات :

1.4.4ـ تصحيحات اطوار التدفق :

ان التحاليل السابقة للتدفق عبر الفوهة و معاملات الجودة تفترض ان المواد المتدفقة هي عبارة عن غاز خالص . بحيث ان هذه التحاليل تعتبر جيدة و دقيقة في حالة انعدام أي مواد صلبة او سائلة اثناء التدفق الغازي عبر الفوهة. و لكن لا مناص من تغيرها في حالة وجودها بحيث ان وجودها يؤثر سلبا على خصائص جودة الصاروخ بحيث كلما كان حجم المحرك صغيرا الا و كان تاثيرها اكبر، حيث وجد كل

من Gilbert , Allport , Dunlop انه بالنسبة للمحركات الكبيرة التي تفوق قوتها الدافعة 10 الاف باوند تكون تكون نسبة النبض الخاص الضائعة صغيرة اما بالنسبة للمحركات التي قوتها الدافعة اقل من 100 باوند تكون نسبة النبض الخاص المفقودة مهمة. ولأهمية القوة الدافعة في أي محرك تجنب إجراء تصحيحات ضرورية لأطوار التدفق الغازي للحصول على أعلى مردود ممكن [6].

ملاحظة :

- 1 باوند إنكليزي تساوي 0.454 كلغ .
- 1 كلغ يساوي 9.98 نيوتن.

إن فقدان قوة الدفع أثناء الاحتراق يرجع لسببين :

أ) نقص السرعة ، عندما لا يتم تسريع الجسيمات الصلبة عبر الفوهة بنفس وتيرة تسارع الجسيمات الغازية.

ب) نقص الحرارة، عندما لا تكون حرارة الجسيمات الصلبة بنفس حرارة الجسيمات الغازية المحيطة بها. و انا كان لهذا السبب الأخير دور ثانوي في انقاص النبض الخاص بحيث غالبا ما يفترض ان حرارة الجسيمات الصلبة تكون تقريبا على نفس حرارة الجسيمات الغازية [7].

اول شيء تجب الاشارة إليه في تكون الجسيمات الصلبة هي معادلة التكون الغازي 28 بحيث تصبح :

$$m_g^o = (1 - X)\rho_p A_b r \qquad (40)$$

بحيث يكون العدد x هو كتلة المواد الصلبة المقذوفة و كنتيجة تتم تحويل المعادلة الى معادلة حالة الاستقرار الخاص بالضغط داخل غرفة الاحتراق كما يلي :

$$P_0 = \left[\frac{A_b}{A^*}\frac{(1-x)\, a\, \rho_p}{\sqrt{\frac{k}{RT_0}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}\right]^{\frac{1}{1-n}} \qquad (41)$$

بحيث إن ضغط الغرفة تم اختصاره بالعدد

$$(1-x)^{\frac{1}{1-n}}$$

ومنه يتم تعديل عبارة النبض الخاص بهدف حساب الفرق بين سرعتي الجسيمات الصلبة و الجسيمات الغازية :

$$I_{sp} = \frac{1}{s}\frac{\sum \dot{m}_i v_i}{\sum \dot{m}_i} \qquad (42)$$

بحيث يمثل العدد i ثابت خاص.

إذا كان جميع الجسيمات يفترض فيها إن تكون متساوية من حيث التسارع فانه يمكن التعبير عن ذلك وفق المعادلة الرياضية :

$$I_{sp} = \frac{1}{s}\frac{(\dot{m}_s v_s + \dot{m}_g v_g)}{\dot{m}_s + \dot{m}_g} \qquad (43)$$

من اجل وصف حقيقي للتاثير الذي تمارسه الجسيمات على مردودية صاروخ ما، يتطلب معرفة خصائص التحول الحراري و مقاومة الجسيمات بهدف وصف رياضي لقيمة سرعة الجسيمات V_s و حرارتها T_s خلال جميع مراحل العملية التدفقية , انه لمن الممكن اشتقاق الحالات النهائية، لتحديد التأثيرات النهائية .

في النموذج الأول يفترض ان تكون الجسيمات صغيرة الحجم بحيث تكون $T_s \approx T_g$ و $V_s \approx V_g$ و يكون التعبير الرياضي عن سرعة الطرد الغازي للجسيمات كما يلي :

$$V_e = \sqrt{2T_0\left[C_s x + (1-x)\frac{kR'}{(k-1)M'}\right]\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^m\right]} \qquad (44)$$

بحيث

$$m = \left[\frac{xC_s M'}{(1-x)R'} + \frac{k}{k-1}\right]^{-1}$$

بحيث C_s يمثل معدل الحرارة الخاصة بالمواد الصلبة . وتجب ملاحظة ان هذه المعادلة يمكن ان تتحول الى الشكل الاعتيادي المعبر في المعادلة 14 بحيث يكون x=0 جسيمات منعدمة و التعبير الخاص بالقوة الدافعة يمكن ان يتحول الى الشكل التالي :

$$F_i = A^* P_0 \frac{1}{1-X}\sqrt{\frac{2KM'}{R'}\left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}\left[XC_S + (1-X)\frac{KR'}{(K-1)M'}\right]\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^m\right]} + (P_e - P_a)A_e \qquad (45)$$

تجب ملاحظة مرة أخرى ان هذه المعادلة يمكن اختصارها الى الشكل الاعتيادي في المعادلة (18.3) بحيث يكون X=0.

التعبير عن معامل الدفع يتم اشتقاقه بنفس الطريقة للحصول على التعبير الرياضي :

$$C_f = \frac{1}{1-X}\sqrt{2K\left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}\left[\frac{M\prime XC_S}{R\prime} + \frac{K(1-X)}{K-1}\right]\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^m\right]} \qquad (46)$$

ان معامل قوة الدفع يزداد مع تواجد الجسيمات التى يتم تشبيهها مع جسيمات الغاز فقط وهذه المعادلة تعبر عن هذه الزيادة في معامل قوة الدفع بنسبة 75 % في وقود دافع مثالي عندما يكون X=0.45.

اما في الحالة النموذج الثاني للجسميات و الجسيمات التى تبقى فيها سرعتها و حرارتها ثابتتين و هذا يعنى ان الجسيمات تتميز بحجم كبير نسبيا وتحول حراري بطئ و مقاومة صغيرة، اما التعبيرات الرياضية الخاصة بمعاملات الجودة فانها نفسها المستعملة في النموذج السابق تحتفظ بصلاحيتها هنا. لان التدفق الغازي لا يتاثر

بوجود الجسيمات الصلبة . وان كان النبض الخاص يتناقص من حيث القيمة ومن المعادلة 36 بحيث $m_s v_s \ll m_g v_g$.[2]

$$I_{sp} = (1/g)(1 - X)V_g \quad (47)$$

ان المعامل $(1 - X)$ يؤثر بشكل سالب على قيمة النبض الخاص .

لقد أجريت العديد من الأبحاث على مختلف اطوار المرحلة التدفقية و بينت أن نوع الفوهة له علاقة تاثير على الجسيمات المتدفقة مع مختلف الغازات [8]. كما بينت كذلك ان حجم الجسيمات وتوزيعها مستقلة عن سعة المحرك و هو ما بين ان خصائص هذه الجسيمات متعلقة بالوقود الصلب فقط [9].

هنالك تاثير اخر لا يقل أهمية عن التاثيرات السابقة و هو ما تمارسه الجسيمات السائلة على سطح الفوهة، فعند تقليص مساحتها تظهر نوع من الخشونة على سطح الداخلي للفوهة و بالتالي الزيادة في قيمة الاحتكاكات و هو ما ينقص من قيمة النبض الخاص.

2.4.4ـ تصحيحات الفوهة الحقيقية:

إن التحاليل السابقة كانت تأخذ بعين الاعتبار الصواريخ المثالية او النموذجية و هي غير موجودة بطبيعة الحال، بحيث ان الحالة المثالية تمثل أقصى حالات الجودة التى يمكن الحصول عليها اما الجودة الحقيقية او الواقعية فانها تتقلص وفق مجموعة من المعاملات بحيث يتم حسابها على مستوى الفوهة باستعمال معاملات مختلفة [2].

بالنسبة للفوهات المخروطية فهي تتطلب معامل تصحيح للمتجه اللامحورية لسرعة خروج الغازات و هي الناتجة عن التقعر في زاوية الفوهة المحددة بالقيمة 2α (بحيث α تمثل نصف الزاوية) و المعامل λ يتم تحديده كما يلي :

$$\lambda = (1 + \cos\alpha)/2 \quad (48)$$

كما تمت الاشارة إليه فان الفوهة الحقيقية يختلف عن الفوهة المثالية نظرا لوجود احتكاكات و التحولات الحرارية و الاختلاط الغازي و التدفقات الغير المركزية (أي إن الغازات لا تمر من مركز فوهة الصاروخ) و مفعول الجسيمات , كما إن زاوية المغادرة يتم تحديدها عن طريق معامل التحول الطاقي الخاص بالفوهة, و هو عبارة عن نسبة الطاقة الحركية إلى وحدة التدفق المغادرة للفوهة الحقيقية , ونسبة الطاقة الحركية الى وحدة التدفق المفترض المغادر للفوهة المثالية المزود بنفس ظروف اشتغال فوهة واقعية , ويتم التعبير عنه وفق الصيغة الرياضية التالية [2]:

$$e = V^2_{ea}/V^2_{ei} \quad (49)$$

ان معاملات i و a تعبر عن الحالات المثالية و الواقعية او الحقيقية , و e تعبر عن فعالية التحول الطاقي.

بالنسبة لمعامل التصحيح الخاص بالسرعة ζ_v يمكن تحديدها كالجذر التربيعي للقيمة e. وهي قيمة تتراوح ما بين 0.85 و0.98 بالنسبة لجل المحركات، و هو نفس قيمة الاختلاف بين قيم النبض الخاص المثالي وقيم النبض الخاص الحقيقي [2].

اما معامل التصحيح الخاص بالنفث الغازي ζ_d فهو نسبة كتلة التدفق الغازي عبر فوهة حقيقية الى كتلة تدفق غازي عبر فوهة مثالية الخاضع لنفس ظروف اشتغال فوهة حقيقية و التعبير الرياضي لهذا المعامل التصحيحي يكون كما يلي :

$$\zeta_d = m°_a/m°_i = m°_a C/F \qquad (50)$$

ان هذه القيمة غالبا ما تكون اكبر من القيمة النظرية لان التدفق الحقيقي يكون اكبر من التدفق المثالي للأسباب التالية :

أ) الوزن المولي للغازات سرعان ما يتزايد اثناء المرور من الفوهة وهو يؤدي الى ارتفاع كثافته.

ب) تنتقل الحرارة الى جدار الفوهة و خصوصا منطقة العنق وهو ما يؤدي الى انخفاض درجة حرارة الغاز و بالتالي ارتفاع كثافته .

ج) الحرارة الخاصة و خصائص الغازات الأخرى تتغير عندما يتعلق الامر بالفوهة حقيقي و هو ما يؤدي الى ارتفاع معدل النفث .

د) الاحتراق الغير الكامل يؤدي الى رفع كثافة الغازات الناتجة .

هذه المعاملات التصحيحية تتمظهر على شكل انخفاض على مستوى قوة الدفع الحقيقية مقارنة مع قوة الدفع المثالية وتكون صيغتها الرياضية كما يلي :

$$F_a = \zeta_v \zeta_d \lambda F_i \qquad (51)$$

$$F_a = \zeta_v \zeta_d \lambda C_{fi} P_{oe} A^* \qquad (52)$$

5.4 – خاتمة:

نستنتج أن محركات الصواريخ ذات الوقود الصلب تكون في أوج طاقتها عند توفر العناصر الأساسية والتى هي كالتالي، الضغط عل مستوى غرفة الاحتراق وقوة الدفع والنبض، والاهم التصميم الهندسي المبدع والتصنيع الجيد للفوهة حيث شاهدنا أن تأثير الفوهة جد مهم في أداء وظيفة المحرك إذ يؤثر تصميمها الهندسي على كل العوامل السانف ذكرها من درجة الحرارة والضغط والنبض إلى آخره، فهي التى تتحكم في سرعة خروج الغازات من خلال الحرارة المتواجدة داخل الغرة يولد الضغط فبواسطة الضغط والتصميم الهندسي للفوهة يتم تسريع جزيئات الغازات المنبعثة من احتراق الأقراص الوقود الصلب وهذا لا يعنى أن الأجزاء الأخرى غير مهمة بالعكس و لكن نحن سلطنا الضوء على الفوهة لان دراستها أكثر تعقيدا وأكثر دقة وأما الأجزاء الأخرى لا نقول أنها ليست معقدة بل اقل تعقيدا من الفوهة.

قائمة المراجع

[1] كتاب الميكانيكا التارج الطبعة الخامسة ترجمة الدكتور احمد صادق القرماني دار مير للنشرو الطباعة ، طبعة سنة 1986.

[2] http://www.nakka-rocketry.net/index.html

[3] Griffin, D.N. ,Turner,C.F. ,and Angeloff, G.T., 'A ballistic Bomb Method For Determination the Experimental Perfermance of Rocket Propellants' , ARS Journal jan 1959.

[4] Free B.A and Sarner .S.f. , 'A rapid Method of Estimationfo Specific Impulse'.

[5] Von Karman and Malina , 1939 " The Analogy between Fluid Friction And Heat Transfaer" Am. Soc.mech.Engrs.

[6] Gilbert ,M., Allport. J. and , Dunlop , R. , "Dynamics of Two-Phase Flow In Rocket Nozzles " ARS Journal. Dec.1962.

[7] Hill,P.G. and Petreson ,C.R. , "Mechanics and Thermodynamics of Propulsion".

[8] Brown ,B.," particule Velocity Lag in Metalized Propellants" Detontion and two-phase Flow .N.Y. Acadimic press.

[9] Hoglund,B.E , "Recent Advences in gas-Particle Nozzles Flows" ARS Journal May 1962.

الفصل الخامس

النمذجة والمحاكات الرقمية (دراسة حالة)

1.5 – مقدمة:

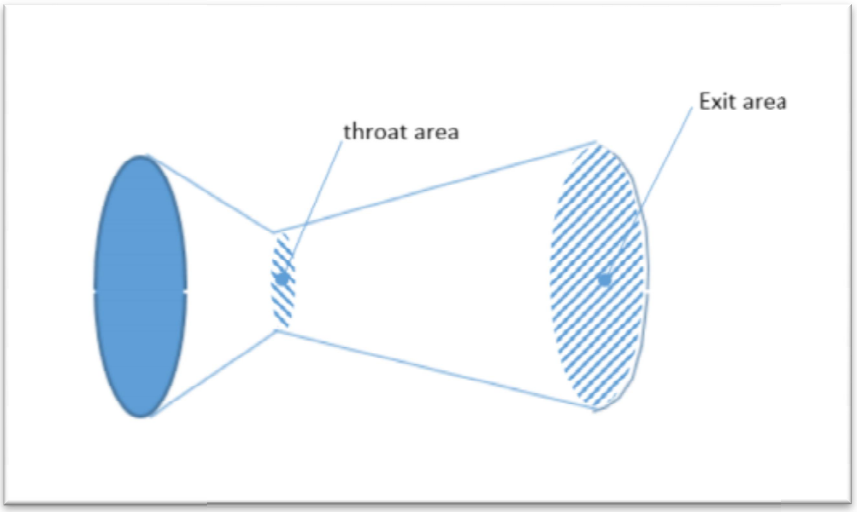
لمعرفة مردود محرك صاروخ ذو وقود صلب، لابد من اختباره و إجراء التجارب عليه، قبل اللجوء إلى هذه الاختبارات على المحرك وجب علينا محاكات النموذج ببرامج خاصة للمحاكات أولا برنامج التصميم بواسطة الحاسوب "CAO" ثلاثي الأبعاد وهو "صوليد واركس SolidWorks"، الذي نقوم عليه برسم النموذج بصورة ثلاثية الأبعاد. وقمنا بالتركيز على الفوهة نظرا لعملها الحساس على مردود المحرك كما ذكرنا سابقا يجب أن تصمم الفوهة وفق معايير عالية الدقة وتصنع في قمة الجودة، فالعنق في الفوهة تكون مدروسة ومجربة فالبرنامج المستعمل لإجراء المحاكات "بالأنسيس ANSYS" الخاص بالمحاكات يعطينا سرعة تدفق الغازات وكذلك الضغط في كل نقطة من الفوهة، بما انه لم يرخص لنا باختبار على محركات الصواريخ أخذنا فوهة مصممة وفق معايير عالمية وأعطيناها تسمية الفوهة ـ1ـ وقمنا بتصميم فوهة خاصة بنا من خلال الفوهة الأولى مع إحداث تغييرات جذرية فيها وذلك على مستوى العنق وبعض الزوايا. بعدما عدلت سمية تيمنا بالنادي الجزري للعلوم الميكانيكا والهندسة " AMSEC" أي اسمها هو "AMSEC-100" حيث 100 هي قطر المحرك.

الشكل 1.5 (أ): رمز البرنامج أنسيس النسخة 14.5.

الشكل 2.5 (ب): رمز البرنامج سوليد واركس النسخة 2014.

2.5 – التطبيق العددي:

المعادلة التالية تسمح لنا بإيجاد أحسن قطر من ناحية وظيفة الفوهة ، وذلك من خلال حساب النسبة A^*/A_e .



الشكل 3.5: يوضح كل من الأقطار الداخلية والخارجية والعنق.

$$\frac{A^*}{A_e} = \left(\frac{K+1}{2}\right)^{\frac{1}{K-1}} \left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{1}{K}} \sqrt{\left(\frac{K+1}{K-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right]}$$

حيث لدينا :

1.15 = k

P_o = ضغط الغرفة، 64 atm '64 الجو'

P_e = الضغط عند مخرج الفوهة هو 1 atm ، '1 جو'

تطبيق عددي

$$\frac{K+1}{2} = \frac{1.15+1}{2} = \frac{2.04}{2} = 1.075$$

$$\frac{1}{K-1} = \frac{1}{1.15-1} = \frac{1}{0.15} = 6.667$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{1.15} = 0.87$$

$$\frac{K+1}{K-1} = \frac{1.15+1}{1.15-1} = \frac{2.15}{0.15} = 14.333$$

$$\frac{K-1}{K} = \frac{0.15}{1.15} = 0.13$$

$$\frac{P_e}{P_0} = \frac{1}{64} = 0.0156$$

إذن

$$\frac{A^*}{A_e} = (1.075)^{6.667}(0.0156)^{0.87}\sqrt{14.333[1 - 0.0156^{0.13}]} = 0.1066$$

$$\frac{A_e}{A^*} = \frac{1}{0.1066} = 9.37$$

$$A = \frac{\pi}{4}D^2$$

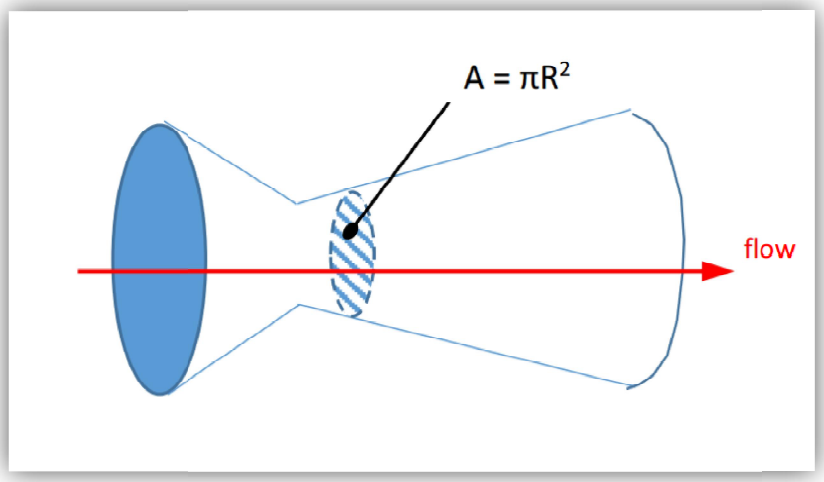
لدينا $D^* = 10\ mm^2$

$$A_* = \frac{\pi}{4}10^2 = 78.5\ mm^2$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4(9.37)78.5}{\pi}} = 30.6\ mm$$

إذن في مثل هذه المعطيات فان أداء الفوهة متعلق بالنسبة بين الأقطار وفي مثل هذا المثال فإن مردودها يبلغ أوجه عند قطر العنق الذي وجد D_e

والعملية الثانية هي إيجاد النسبة $\frac{A}{A^*}$ وكل من النسبة في درجة الحرارة T/T_o والضغط P/P_o و الكثافة ρ/ρ_o بتغيير عدد ماخ في كل خطوة حيث مقدار كل خطوة 0.20 إلى غاية 3.00 .



الشكل 4.5: رسم يمثل اتجاه التيار داخل الفوهة.

حيث k=1.15

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M}\left(\frac{1+\frac{K-1}{2}M^2}{1+\frac{K-1}{2}}\right)^{\frac{K+1}{2(K-1)}}$$

$$\frac{K+1}{2(K-1)} = 7.167$$

$$\frac{K-1}{2} = \frac{1.15-1}{2} = 0.075$$

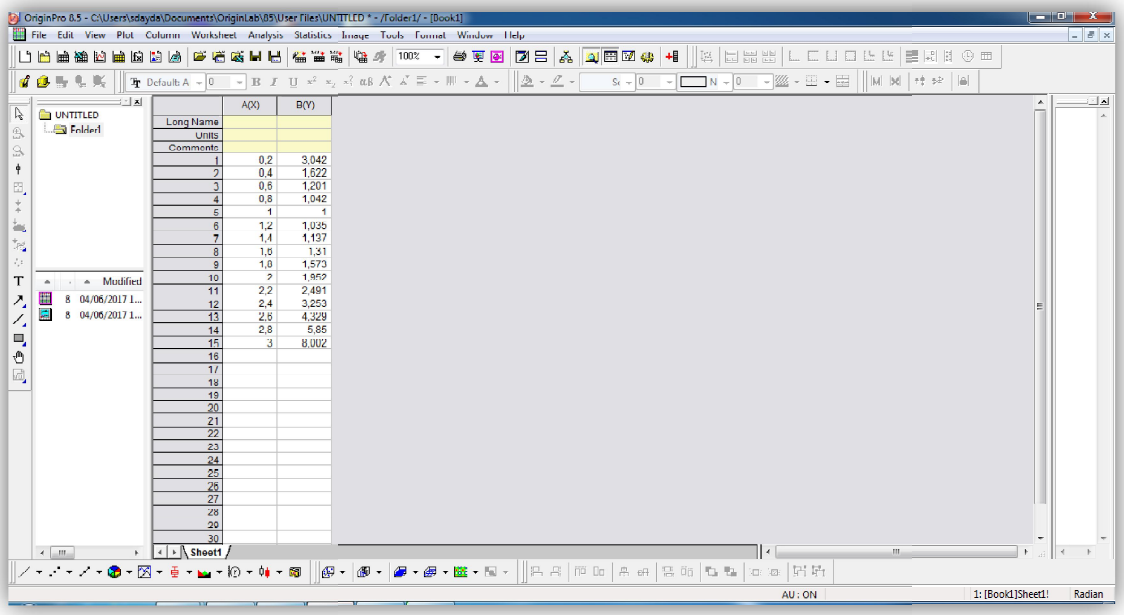
نقوم بالحساب في الخطوة الأولى ونكمل باقي الخطوات بـ " excel" والنتائج في الجدول 1.5

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{20}\left(\frac{1+0.075(0.2)^2}{1+0.075}\right)^{7.167} = 3.042$$

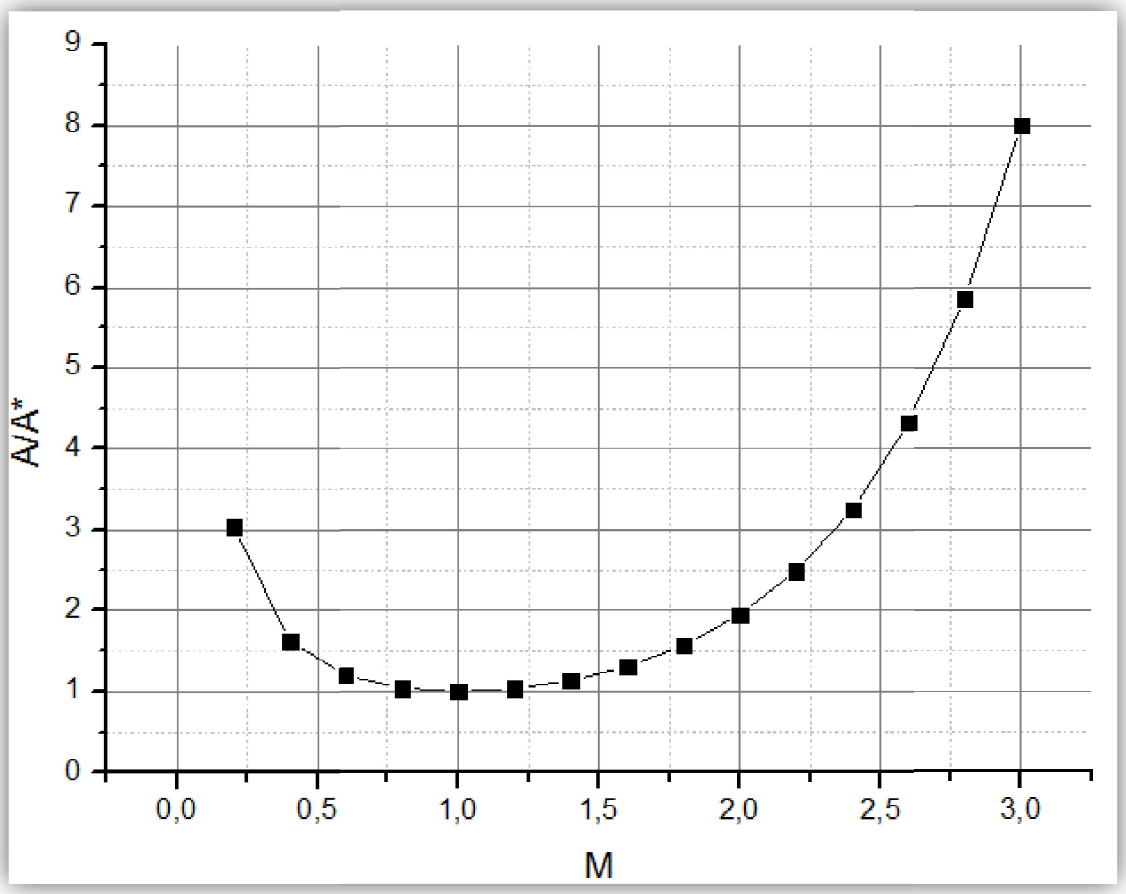
الجدول 1.5: يمثل قيم النسبة A/A* بدلالة عدد ماخ M.

M	A/A*
0	0
0.20	3.042
0.40	1.622
0.60	1.201
0.80	1.042
1.00	1.000
1.20	1.035
1.40	1.137
1.60	1.310
1.80	1.573
2.00	1.952
2.20	2.491
2.40	3.253
2.60	4.329
2.80	5.850
3.00	8.002

وبالاستعانة بالبرنامج أوريجين "OriginPro" نقوم برسم المنحنى الذي يمثل تغير النسبة A/A*بدلالة عدد ماخ أثناء التدفق عبر الفوهة عند المعامل k=1.15.



الشكل 5.5: صورة لواجهة البرنامج "OriginPro".



الشكل 6.5: منحنى بياني يوضح تغير النسبة A/A* بدلالة عدد ماخ M.

من خلال الشكل 6.5 يتضح بشكل جلي إن تقعر و تحدب مساحة فوهة ما و تشكيل العنق كلها عوامل مطلوبة بهدف تسريع تدفق الغاز من سرعة دون سرعة الصوت إلى سرعة فوق السرعة الصوتية .

$$\frac{T_0}{T} = 1 + \frac{K-1}{2} M^2$$

$$\frac{P_0}{P} = \left(1 + \frac{K-1}{2} M^2\right)^{\frac{K}{K-1}}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \left(1 + \frac{K-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{K-1}}$$

$$\frac{K-1}{2} = \frac{1.15-1}{2} = 0.075$$

$$\frac{K}{K-1} = \frac{1.15}{1.15-1} = 7.667$$

$$\frac{1}{K-1} = \frac{1}{1.15-1} = 6.667$$

$T_o /T = 1 + 0.075(0.2)^2 = 1.003$

$P_o /P = [1 + 0.075(0.2)^2]^{7.667} = 1.023$

$\rho_o/\rho = [1 + 0.075(0.2)^2]^{6.667} = 1.020$

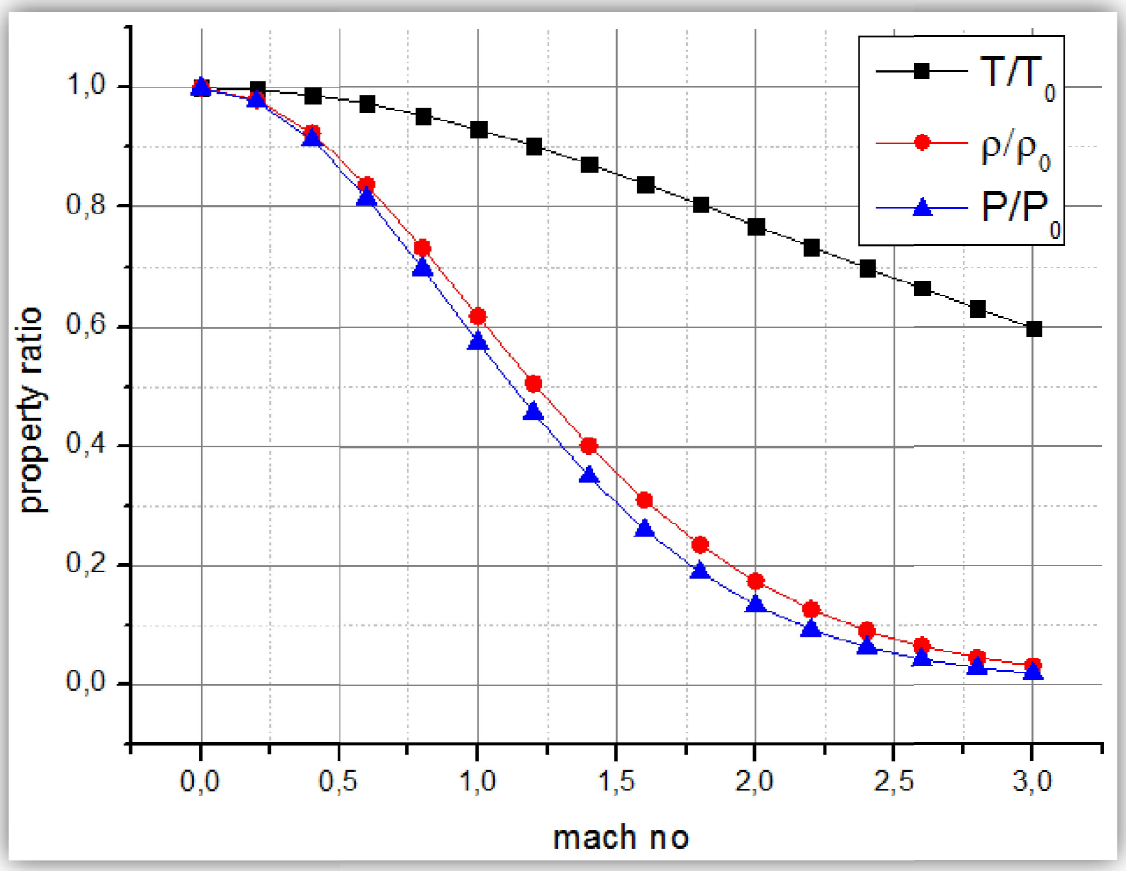
$T/T_o = 1 /1.003 = 0.997$

$P /P_o = 1 /1.023 = 0.977$

$\rho /\rho_o = 1/ 1.020 = 0.980$

الجدول 2.5: يمثل قيم النسبة لكل من الحرارة T/T_o والضغط P/P_o والكثافة ρ/ρ_o بدلالة عدد ماخ .

M	T/T_o	P/P_o	ρ/ρ_o
0.00	1.000	1.000	1.000
0.20	0.997	0.980	0.977
0.40	0.988	0.924	0.913
0.60	0.974	0.837	0.815
0.80	0.954	0.732	0.698
1.00	0.930	0.617	0.574
1.20	0.903	0.505	0.456
1.40	0.872	0.401	0.349
1.60	0.839	0.310	0.260
1.80	0.805	0.235	0.189
2.00	0.769	0.174	0.134
2.20	0.734	0.127	0.093
2.40	0.698	0.091	0.064
2.60	0.664	0.065	0.043
2.80	0.630	0.046	0.029
3.00	0.597	0.032	0.019



الشكل 7.5: منحنى بياني يوضح تغير النسبة لكل من الحرارة والضغط والكثافة بدلالة عدد ماخ .

إن تغير هذه العوامل أثناء تدفق عبر الفوهة تؤدي إلى نتائج موضحة بواسطة الرسم البياني في الشكل5.5 .

حساب سرعة تدفق أو خروج الغازات من فوهة المحرك تحت تأثير العوامل التالية .

P_o = ضغط الغرفة، 68 atm 68' الجو'

P_e = الضغط عند مخرج الفوهة هو 1 atm ، 1' جو'

k = 1.04 .

T_0 = 1600 K

M = 39.86 (Kg /kmol) .

ثابت الغاز العالمي، R' = 8314 (N-m/kmol-K)

المعادلة التي تحدد السرعة هي :

$$V_e = \sqrt{2T_0\left(\frac{R'}{M}\right)\left(\frac{K}{K-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right]}$$

تطبيق عددي نجد:

$$\frac{k-1}{\mathrm{k}} = \frac{1.04-1}{1.04} = 26$$

$$\frac{k}{\mathrm{k}-1} = \frac{1.04}{1.04-1} = 0.0385$$

P_e / P_o = 1 /68 = 0.0147

R' / M = 8314/ 39.86 = 208.58

$$v_e = \sqrt{(2(1600)208.58(26.0)[1 - (0.0147)^{0.0385}])} = 1612\ (\mathrm{m/s})$$

نبرهن على الوحدة كالتالي:

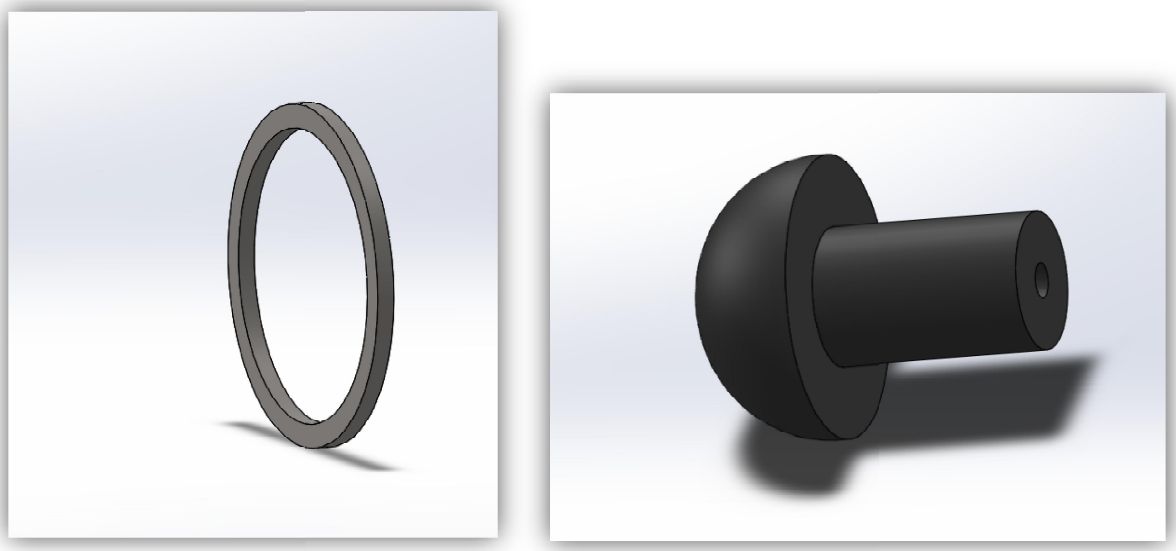
إذن

$$v_\mathrm{e} = \sqrt{\cancel{\mathrm{k}}\frac{\cancel{\mathrm{kg}}\,\mathrm{m}^2}{\cancel{\mathrm{kmol}}\,\cancel{\mathrm{k}}\,\mathrm{s}^2}\frac{\cancel{\mathrm{kmol}}}{\cancel{\mathrm{kg}}}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

3.5 – التصميم الهندسي للمحرك AMSEC-100:

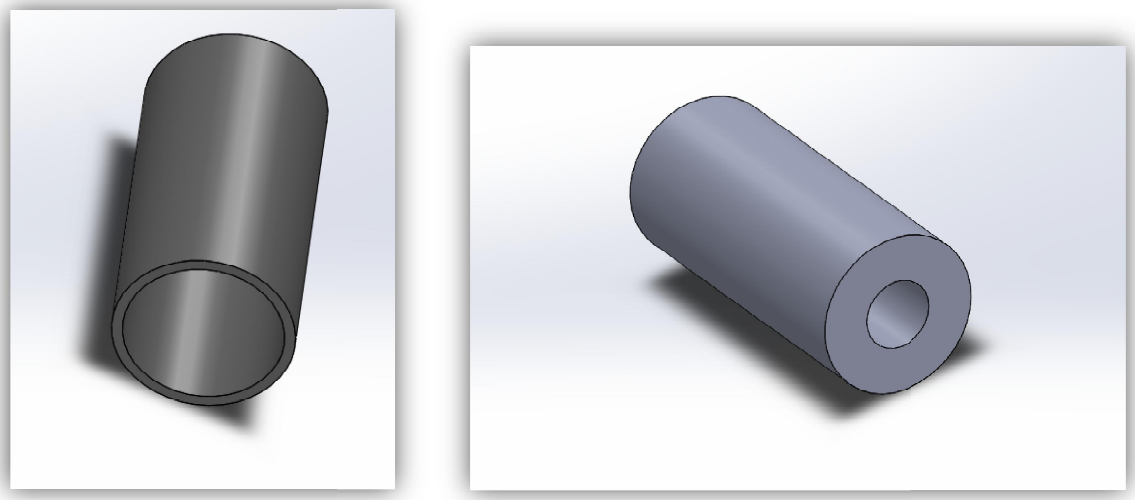
بواسطة البرنامج الرقمي "سوليد ووركس ـ SolidWorks" هو عبارة عن برنامج (تطبيق) تصميم ميكانيكي ثلاثي الأبعاد(التصميم بمساعدة الكمبيوتر"CAO"). يعمل هذا البرنامج تحت بيئة مايكروسوفت ويندوزو،

كما يمتاز سوليد ووركس بسهولة النمذجة وتحريك النموذج واختباره.و يختص بتصميم المجسمات الهندسية ثلاثية الأبعاد. يقدم حلا متكاملا لمشاهدة التصميمات الهندسية بشكل ثلاثي الأبعاد وواقعي إلى أقصى حد. فهو يعتبر المحاكي الأمثل والذي سيساعدك في خلق رؤية أوضح لتصاميمك واختراعاتك الهندسية وسيسهل لك العمل بشكل ملحوظ . سنقوم بتصميم المحرك الخاص بالنادي "AMSEC-100".



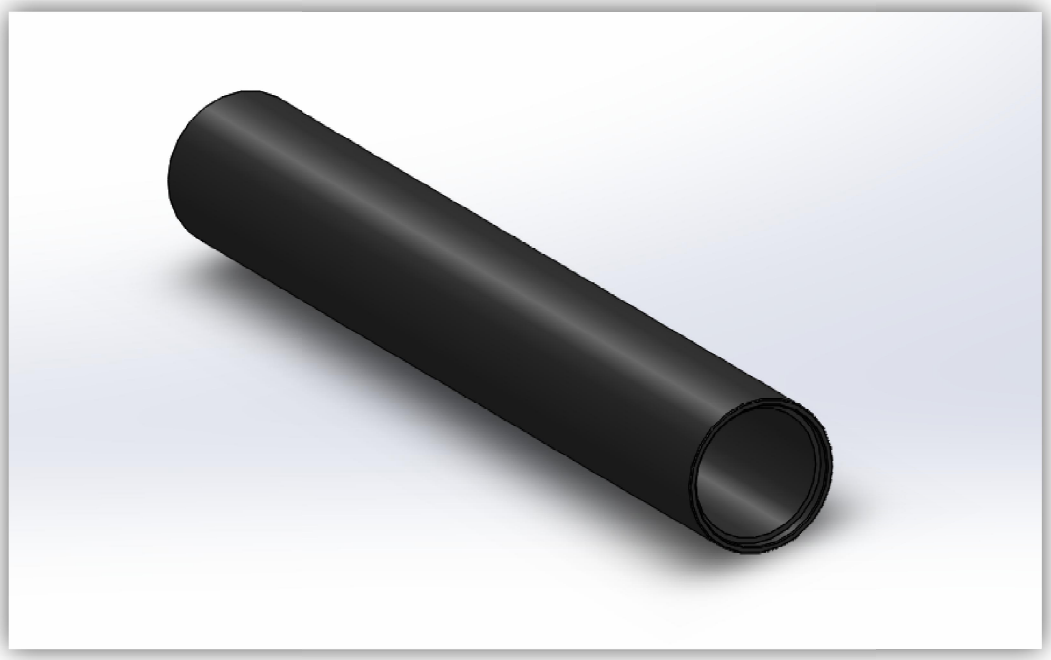
الشكلين 8.5: يمثلان الأجزاء الرابطة المصنوعة من البلاستيك.

يتم وضع هذه الأجزاء المصنوعة من البلاستيك التى تتحمل درجات الحرارة العالية لكي تثبت الأجزاء الداخلية للمحرك الصورة التى على اليسار وأما الصورة التى على اليمين فيمر في محوره السلك الكهربائي الذي يعطي الشرارة لإشعال الوقود فهي تمنع من تسرب الغازات كما نعلم فإن تسرب الغازات في أماكن من غير الفوهة فيتقلص مردود محركنا هذا إذا أدي الوظيفة أصلا.



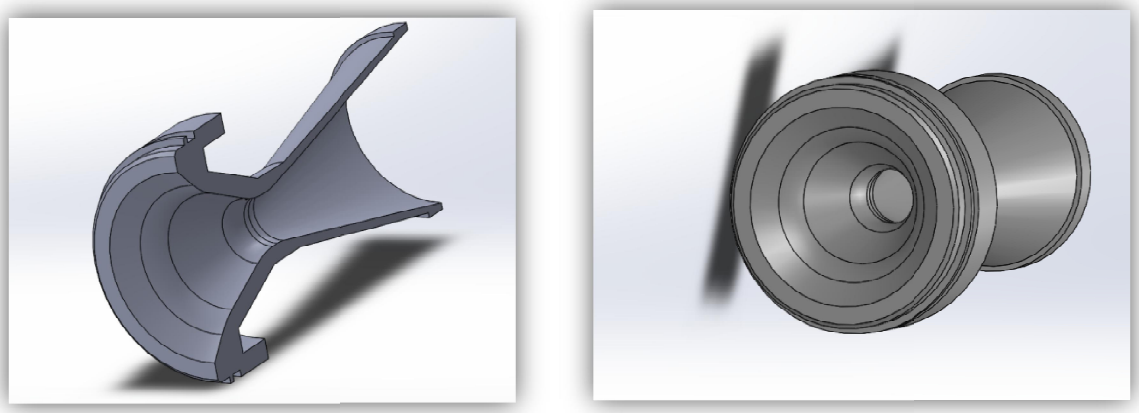
الشكل 9.5: يمثل كل من الوقود الصلب والقالب الذي يوضع فيه.

تركيبة الوقود تم ذكرها في الفصول السابقة أما القالب الذي يوضع فيه فغالبا ما يتم تصنيعه من الكرتون المتخصص ويبقى الوقود داخل الكرتون وحتى في عملية الاحتراق.



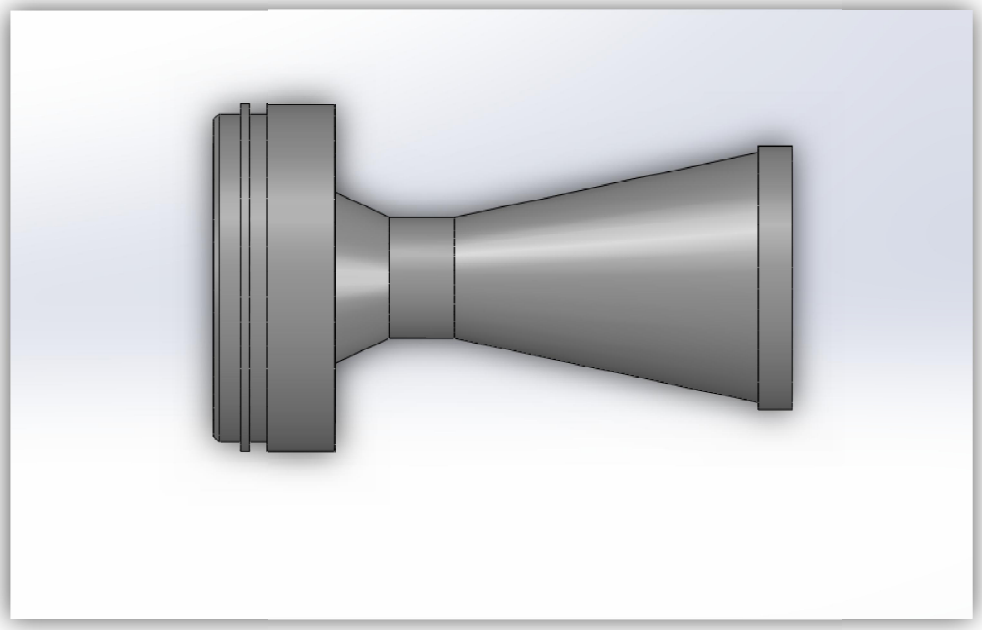
الشكلين 10.5: يمثل العازل الحراري للمحرك.

العازل الحراري للمحرك عادة يتم تصنيعه من البلاستيك المعالج "يقاوم درجات الحرارة الجد مرتفعة" لكي يمنع من تسرب الحرارة للأجزاء الخارجية للمحرك وهيكل الصاروخ وكما يوظف كذلك كمثبت للأجزاء الداخلية للمحرك.

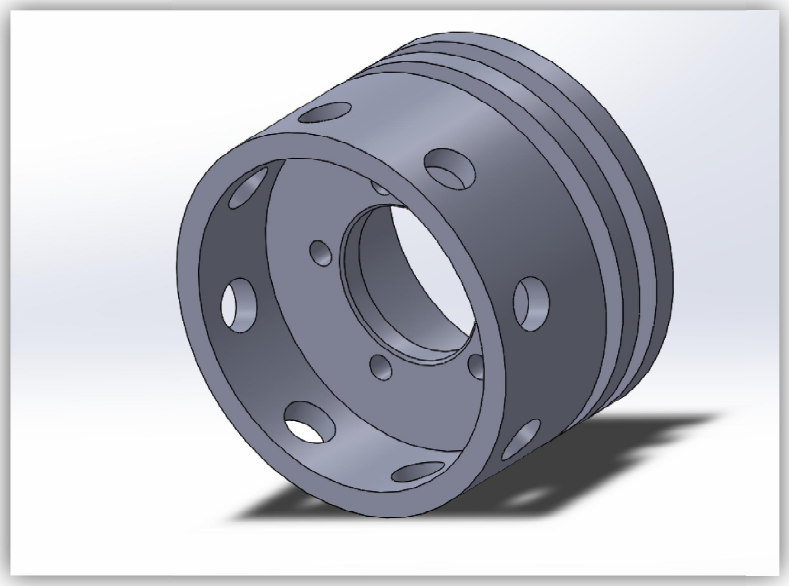


الشكلين 11.5: يمثلان فوهة المحرك صورة كاملة وأخرى مقطع .

الفوهة عادة ما تصنع من الفولاذ لأنها تستقبل اكبر درجات الحرارة ويجب على سطحها الداخلي أن يكون مصقولا أي سطح أملس لكي يقلل من الاحتكاك.

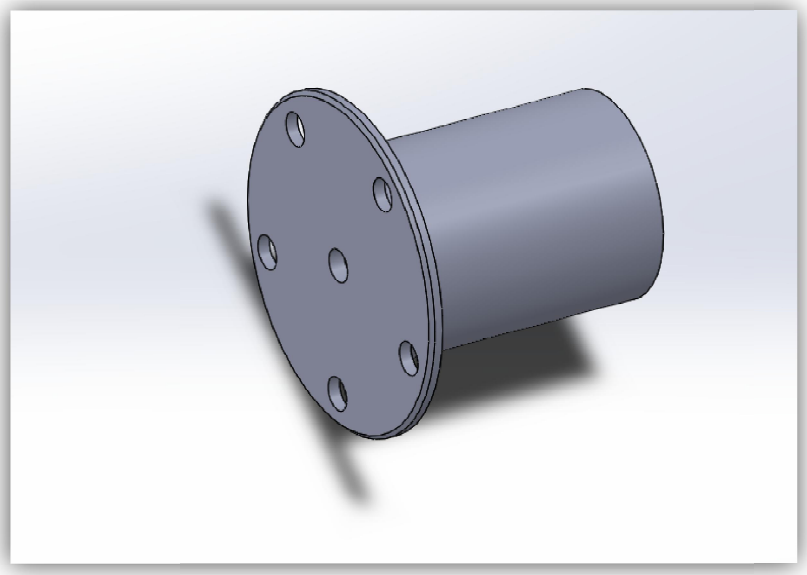


الشكل 12.5: يمثل المنظور الأيمن للفوهة.



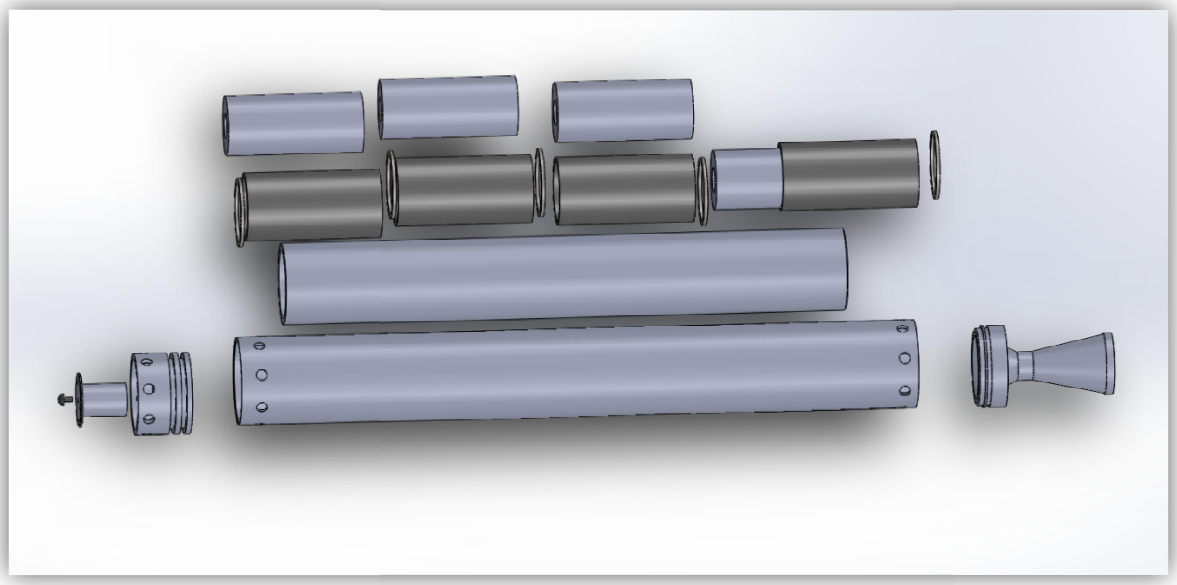
الشكل 13.5: يمثل القطعة التى تغلق الصاروخ من الجهة المقابلة للفوهة.

وظيفة هذه القطعة هي تثبيت أجزاء الصاروخ وضمها إلى بعضها البعض ويتم تركيب في وسطها القادح .

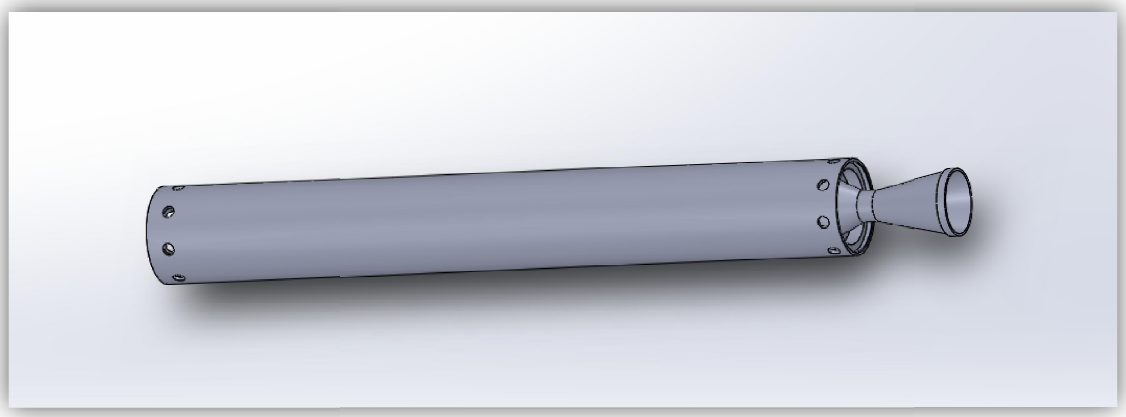


الشكل 14.5: يمثل القادح.

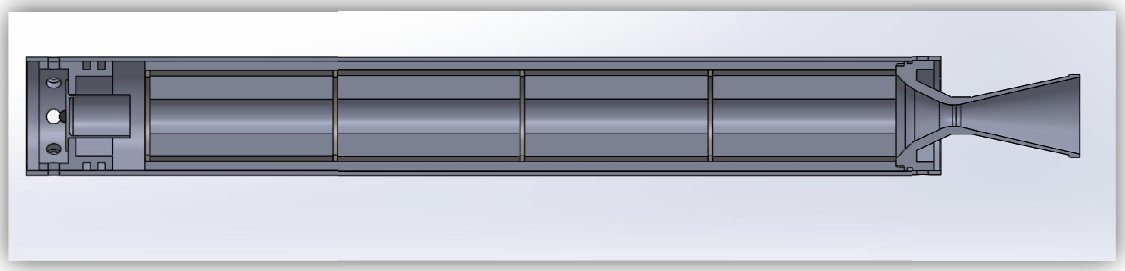
هو عبارة عن مشعل للوقود حيث يحتوي داخله مادة سريعة الالتهاب كالبارود مثلا عند إعطاء الشرارة من السلك الكهربائي" حيث يكون داخله ومغطى بالجزء البلاستيكي" تشتعل المادة فتوقد الوقود الصلب.



الشكل 15.5: يمثل عملية تجميع أجزاء محرك AMSEC-100.



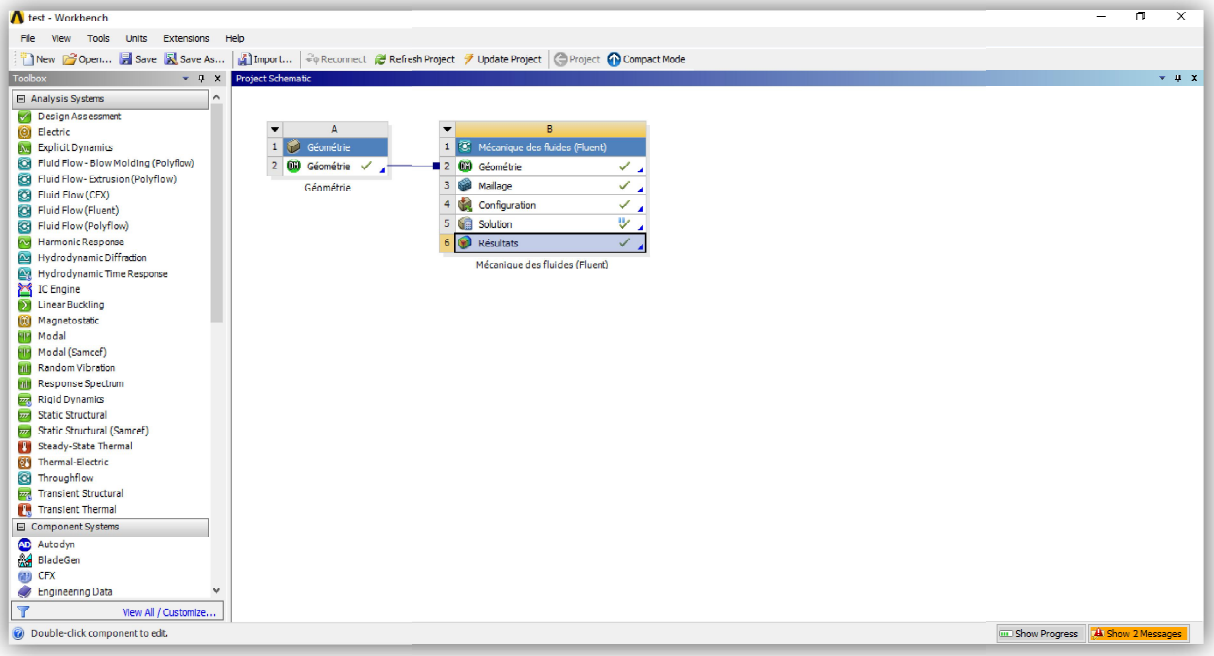
الشكل 16.5: يمثل محرك AMSEC-100.



الشكل 17.5: يمثل المقطع العرضي للمحرك AMSEC-100.

4.5 – المحاكات الرقمية:

قمنا بالمحاكات على الفوهتين بالاستعانة من البرنامج اسمه المختصر "الآنسيس ـ ANSYS "،أما اسمه الكامل فهو كالتالي ANalysis SYStem هي عبارة عن مبرمجة مبنية على طريقة العناصر المنتهية، برنامج يقوم بحل المسائل الخطية و الغير الخطية لكل من :الميكانيكا الانشائية، ميكانيكا الموائع، علم الصوت، الديناميكا الحرارية، الكهرباء الانضغاطية وللكهرومغناطيسية التقليدية .يحتوي البرنامج على عدد من العناصر لحل المسائل ذات البعد الواحد وذات البعدين وثلاثية الأبعاد.



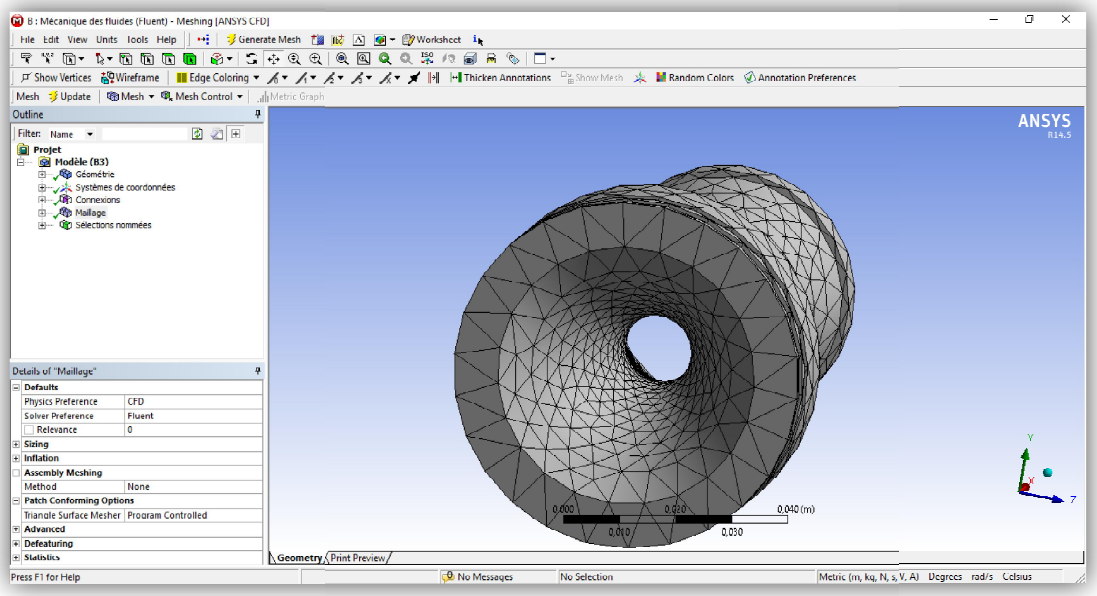
الشكل 18.5: يمثل أرضية الانسيس.

1.4.5 ـ المحاكات الرقمية للفوهةـ1ـ

1.1.4.5 ـ طريقة المحاكات:

أدخلنا في هذا الاحتدام بين الصلب والغاز سرعة دخول الغاز عبر الفوهة بسرعة تقدر بـ 100 (m/s) لأن دوما تكون سرعة الدخول اقل من واحد ماخ حيث تكون محصورة في المجال من 100 (m/s) الى غاية 300 (m/s) .

أول عملية هي إنشاء رابط أو علاقة بين كل من "سوليد واركس" و"الانسيس " ومن ثم نقوم بإدخال المعلومات الازمة .

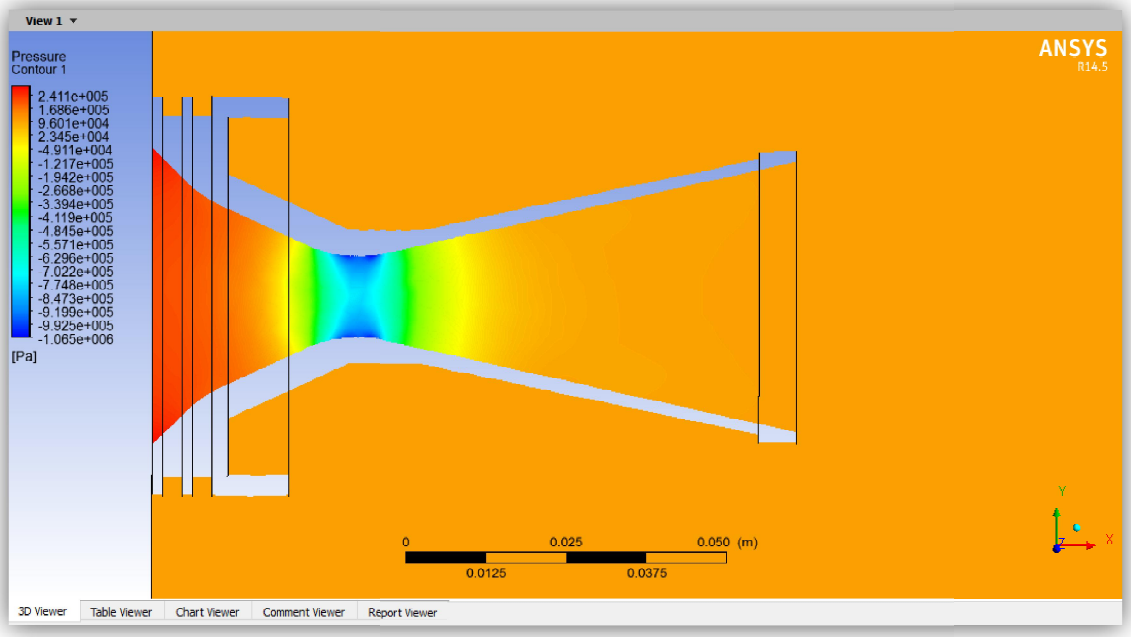


الشكل 19.5: تقسيم الفوهة او إنشاء الشبكة الحسابية.

يقوم "الانسيس" بتجزأت الفوهة كما في الشكل 19.5 وذلك لان العملية على العناصر المنتهية تتطلب هذه الطريقة .

2.1.4.5 – نتائج المحاكات :

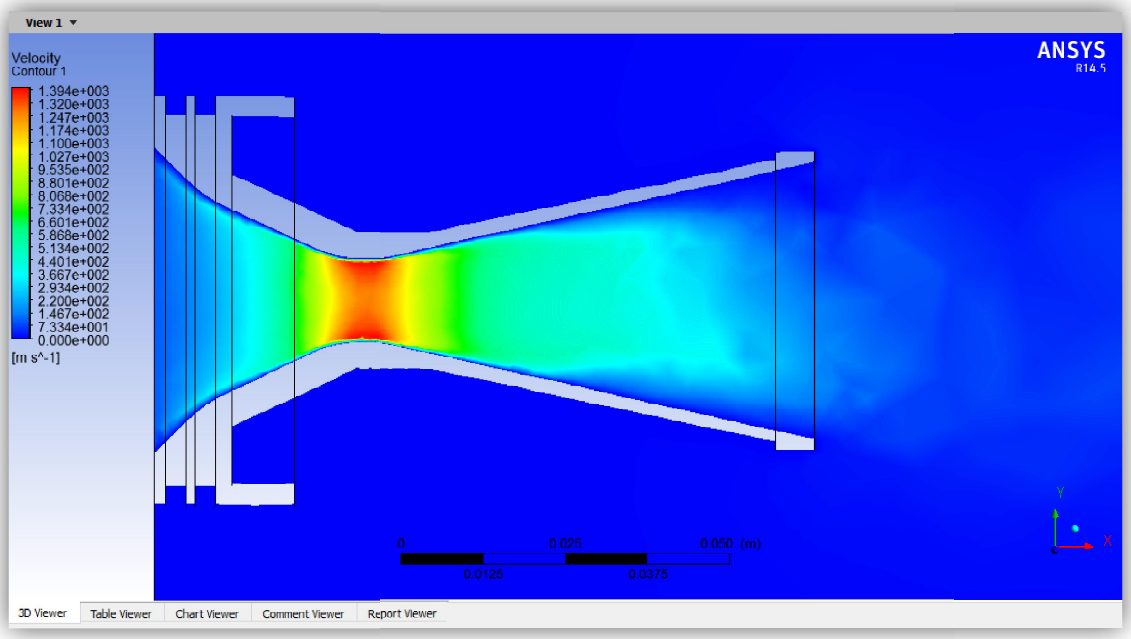
- ***الضغط***



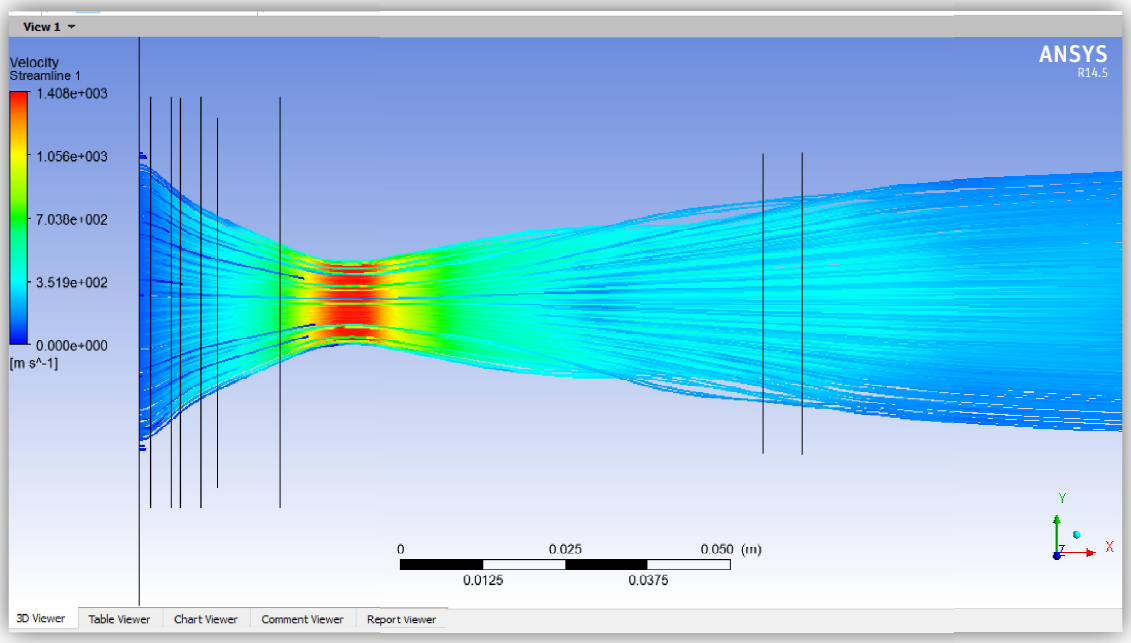
الشكل 20.5: صورة من الانسيس تمثل نتائج الضغط على الفوهة1ـ .

نلاحظ أن الضغط متناقص نسبيا من الجهة اليمنى إلى غاية الجهة اليسرى "مخرج الفوهة" حيث بلغت اكبر قيمة للضغط 241100 (Pa).

- **سرعة تدفق الغازات**



الشكل 21.5: صورة ملونة من الانسيس تمثل نتائج سرعة تدفق الغازات على الفوهة1.



الشكل 22.5: صورة مكونة من الألياف لإظهار نتائج سرعة تدفق الغازات على الفوهة1.

نلاحظ أن إعطاء السرعة 100 (m/s) لتدفق الغازات عند الدخول بلغت أقصاها عند العنق حيث وصلت إلى حوالي 1408 (m/s) وكانت عند مخرج الفوهة حوالي 500 (m/s) .

كما نلاحظ أن الضغط يتناسب عكسا مع السرعة أي في المناطق التي يكون فيها الضغط أعظميا تكون السرعة في قيمتها الدنيا والعكس كذلك.

2.1.4.5 – مقارنة النتائج :

$$V_e = \sqrt{2T_0\left(\frac{R'}{M}\right)\left(\frac{K}{K-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_e}{P_0}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right]}$$

إذن من المعادلة وجدنا ان السرعة كالتالي:

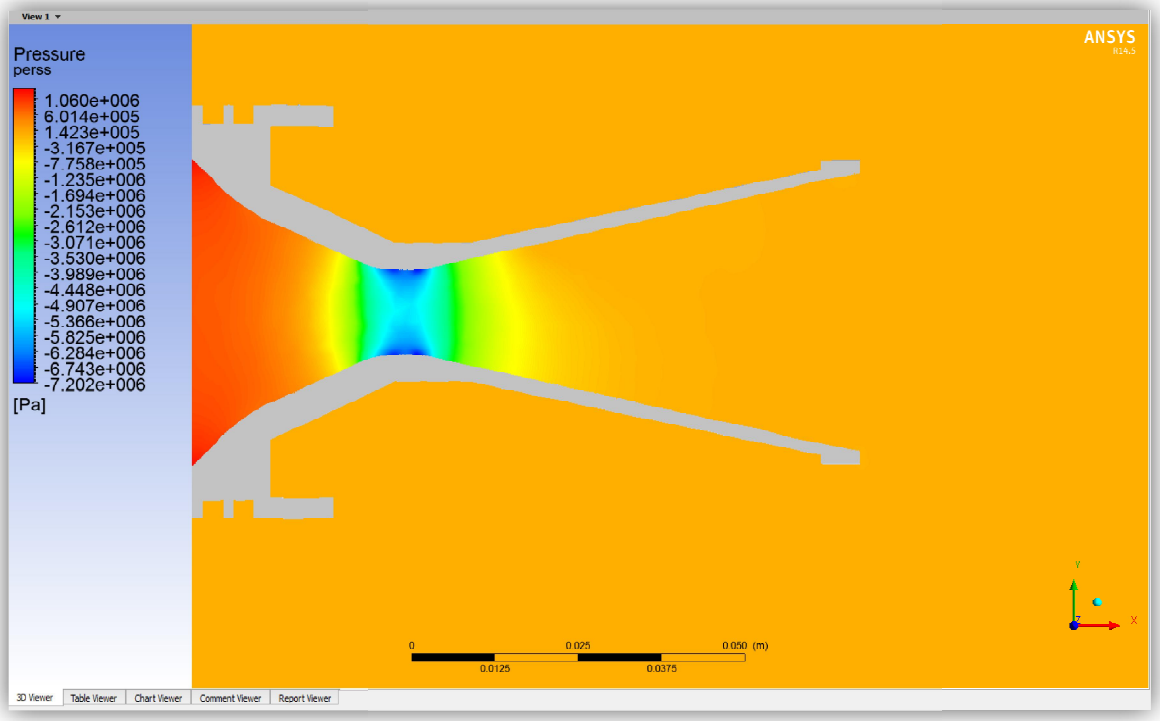
ومن الاحتدام بواسطة الانسيس بلغت السرعة 1408 (m/s) ومنه نلاحظ أن النتيجتين متقاربتين مع احتمال وجود نسبة في الأخطاء إذن نعتبر أن السرعة المحسوبة تقريبا تعادل السرعة المستنتجة من الاحتدام.

2.4.5 – المحاكات الرقمية للفوهتين:

نعطي للغاز سرعة دخول تقدر بـ250(m/s)

1.2.4.5 ـ الضغط

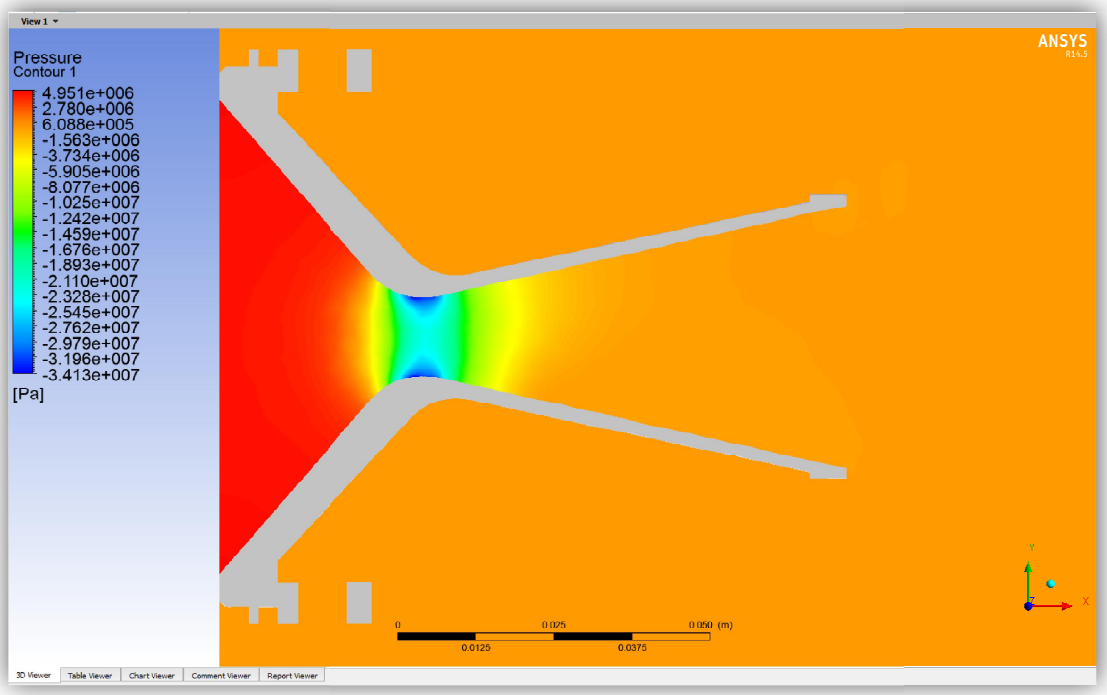
الفوهة_1_



الشكل 23.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز المناطق التي تحت الضغط في الفوهة_1_ .

نلاحظ أن اكبر قيمة للضغط عند إدخالنا لسرعة تدفق الغاز 250 (m/s) في الشكل 23.5 هي 1060000 (Pa) .

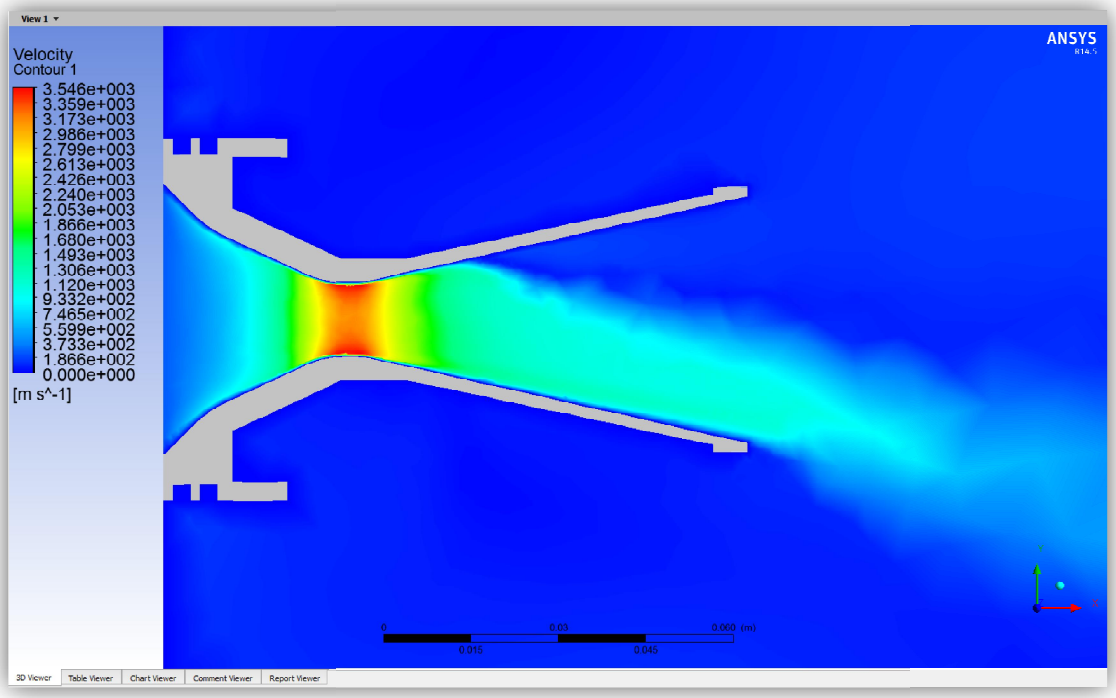
الفوهة AMSEC-100



الشكل 24.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز المناطق التى تحت الضغط في الفوهة AMSEC-100.

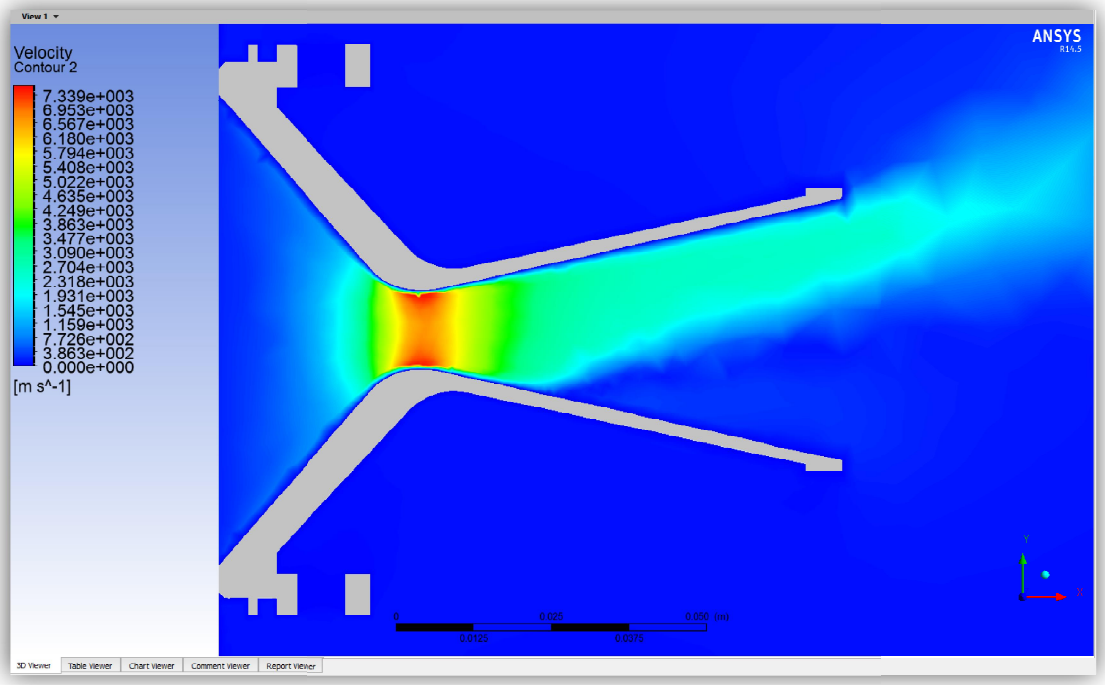
2.2.4.5 ـ سرعة تدفق الغازات

الفوهةـ1ـ



الشكل 25.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز سرعة تدفق الغازات في الفوهةـ1ـ .

الفوهة AMSEC-100



الشكل 26.5: صورة مأخوذة من الانسيس تبرز سرعة تدفق الغازات في الفوهةAMSEC-100.

نلاحظ أن اكبر قيمة للضغط عند إدخالنا لسرعة تدفق الغاز 250 (m/s) في الشكل 24.5 هي 4951000 (Pa) . نقارن بين الملاحظتين هي الضغط لدي الفوهة الخاصة بنا أكبر بضعف أربعة مرات من قيمت الضغط للفوهة ـ1ـ وذلك راجع إلى النسبة في الأقطار .

نلاحظ في الشكل 25.5 أن أعظم سرعة وصل إليها تدفق الغازات هي 3546 (m/s) ودائما على مستوى العنق وأما على مستوى نهاية الفوهة يتقدر بـ 1000 (m/s). كما نلاحظ في الشكل 26.5 أن أعظم سرعة وصل إليها تدفق الغازات هي 7339 (m/s) ودائما على مستوى العنق وأما على مستوى نهاية الفوهة يتقدر بـ 2000 (m/s). من الملاحظتين سرعة التدفق لدي الفوهة الخاصة بنا تقدر بـ 7339 (m/s) وأما قيمة سرعة تدفق الغازات لدى للفوهة ـ1ـ تقدر بـ 3546 (m/s). ومنه نستنتج أن الفوهة الخاص بنا نظريا أفضل من الفوهةـ1ـ.

5.5 ـ خاتمة:

من خلال نتائج المتحصل عليها من البرنامج "الأنسيس ـ ANSYS" نستنج أن الفوهة والشكل الهندسي الخاص بها يتحكم سلبا وإيجابا في مردود المحرك، نقول إيجابا إذا كانت النسبة بين العنق وقطر مدخل الفوهة مدروسة ومجربة. حيث تسمح العنق بخروج الغازات وتسرع من تدفقها حتى تبلغ أقصاها على مستواها وأما الضغط ينقص تدريجيا إلى أن يبلغ قيمة الضغط الجوي في نهاية الفوهة، فكل من الحرارة والضغط ينتجان عن احتراق الوقود الصلب والذي هو عبارة عن خليط متجانس والمكون من مادة مؤكسدة وأخرى مختزلة ونقول إنها تؤثر سلبا إذا قمنا بتضييق العنق أكثر من اللازم فهذا التضييق قد يؤدي إلى نوع من الاختناق أي الضغط ودرجة الحرارة كبيراتان وسرعة احتراق الوقود كبيرة وأما تدفق الغازات عبر العنق بكميات قليلة فيحدث بمايسمى بالاختناق، هذا إذا لم ينفجر المحرك من خلال الضغط الحادث داخل غرفة الاحتراق. وبالتالي إنقاص من قوة الدفع ونكون قد وقعنا في نقص على الرغم إننا نبحث على الزيادة.

الخاتمة

إن أكثر الصواريخ المستخدمة هي الصواريخ ذات الوقود الصلب فهي تستخدم وبكثرة لأغراض عسكرية، فالصواريخ في بداية ظهورها كانت تستخدم في الحروب إلى أن توصل الألمان إلى اختراع الصاروخ ذو الوقود السائل بعيد المدى ومن هنا تم تطوير هذه التكنولوجيا وإخراجها ـ فيما بعد ـ من الحيز العسكري إلى الاستعمالات المدنية. قمنا في هذه الدراسة بمراجعة الحالة الراهنة لعلم وتكنولوجيا الصواريخ منذ نشأتها و حتى يومنا هذا، " لكي تبرع في مجال معين يجب معرفة أصل الفكرة التى نشأت منها وكيف تطورت عبر الأزمنة وصولنا إلى زمننا هذا لكي تستطيع المتابعة معهم والتفوق عليهم"[1]. فميزة الصواريخ ذات الوقود الصلب في محركاتها فهي جد بسيطة من حيث الصنع والتكلفة مقارنة بمحركات الصواريخ الأخرى، فإن المادة أو الوقود عبارة عن خليط بين كل من مادة مؤكسدة ومادة مختزلة على سبيل المثال الخليط الأكثر استخداما لدى محركات الصواريخ الهواة هي نترات البوتاسيوم والسكر، يتم مزج المادتان ووضعهما في قالب اسطواني بشرط تجويف مركز القالب فالتجويف يلعب دورا أساسيا في الحصول على دفع جيد كما بينا سابقا كل تجويف ومقدار الدفع الناتج من خلاله، ومن الأنواع المتداولة الشكل الدائري، النجمة، المربع والمثلث، كما يؤثر اختلاف النسبة بين الخليطين في قوة الدفع [2]. حيث يتم الاحتراق وينتشر عبر التجويف بسرعة هائلة وفي بضع ثوان ينتهي الاحتراق، يتم طرد أو خروج أو تدفق الغازات الناتجة من الاحتراق عبر اتجاه واحد مرورا بالفوهة والتى تكون في أخر المحرك متصلة بغرفة الاحتراق مباشرة. تمتاز الفوهة بتصميم هندسي رائع من حيث الوظيفة التى تؤديها، يكون القطر الداخلي للفوهة مساويا لقطر غرفة الاحتراق ثم تشكل العنق التى بدورها تسرع تدفق الغازات ومن قانون نيوتن لكل فعل رد له معاكسه في الاتجاه ويساويه في الشدة أي سرعة خروج الغازات بقوة يحدث قوة معاكسة تسمى بالقوة الدافع أو قوة الدفع التى تدفع الصاروخ نحو الأعلى بشرط أن تكون القوة كافية لرفع الصاروخ (القوة تفوق وزن الصاروخ) يتم حساب قوة الدفع اللازمة لرفع الصاروخ. يعتبر عمل الفوهة جد حساس فقمنا بدراسة عمل الفوهة، حيث وجدنا أن النسبة بين قطر العنق والقطر الداخلي للفوهة هو العامل الأساسي بحيث إذا زاد قطر العنق أكثر من اللازم ينتج خروج كثيف للغازات و بشكل مفرط، أما إذا نقص قطر العنق أكثر من اللازم فينتج لدينا اختناق وربما انفجار، في كلتا الحالتين لا يكون الدفع جيدا وغير كافي لرفع الصاروخ أما إذا كان العنق بقطر مدروس فإن تدفق الغازات يكون متحكم به من طرف العنق حيث يولد قوة الدفع المطلوبة.

قائمة المراجع

[1] توماس .س. كُون،" بُنية الثورات العلمية"، ترجمة د. حيدر حاج إسماعيل، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى ـ بيروت (2007).

[2] ريتشارد .أ. ناكا، "محرك الصاروخ ذو الوقود الصلب من النظرية إلى التطبيق"، ترجمة محمد العوني، جامعة مانيتوبا (1984).

الملحق رقم (1)

عباس بن فرناس :

المخترع العربي عباس ابن فرناس صاحب فكرة الطيران وأصلها، الذي حلق لمدة عشرة دقائق لكنه سقط. كانت المحاولة الأولى عام 852 م، عندما أحاط نفسه بمظلة واسعة مقواة بدعائم خشبية وقفز من مئذنة الجامع الكبير في قرطبة. انزلق وكأنه في طائرة شراعية، أخفقت المحاولة بيد أن سقوطه كان متباطئا، بحيث لم يصب بغير أضرار طفيفة، فكانت تلك أول محاولة للقفز بالمظلة. المصادر الغربية تسميه خطأ باسم ارمين فيرمان بدلا عن عباس ابن فرناس.

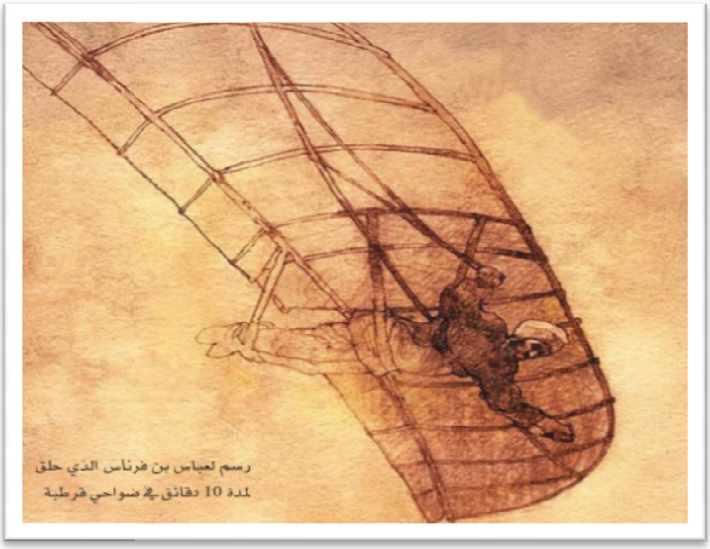
تعلم ابن فرناس من التجربة، فعمل جاهدا لتحسين تصميمه الثاني. تقول الأوصاف التى ذكرها شهود عيان، وكذلك مخطوطات من تلك الحقبة، إن ما صنعه عباس أشبه بآلة تتألف من جناحين كبيرين مكسوان بالحرير وريش النسور. صعد ابن فرناس تلة في منطقة الرصافة، من ضواحي قرطبة، قرب جبل يسمى (جبل العروس) ليسبق بذلك ابن فرناس كل من حاول الطيران. بعد أن وضع اللمسات الأخيرة على آلته، حدد وقتا تجمع فيه الناس، ليشاهدوا طيرانه. لدى ظهوره أمام الجميع في زيه الطائر، المصنوع من الحرير والمغطى بريش النسور التى ربطها بشرائط حريرية رفيعة، شرح ابن فرناس كيف خطط ليطير، مستخدما شراعا مثبتا بذراعه "والآن أستأذنكم لأحلق في الجو كالطائر. فإن سارت الأمور على ما يرام، فسأتمكن من العودة اليكم سالما".

الشكل 1: رسم تخيلي لعباس ابن فرناس.

طار ابن فرناس حتى ارتفاع كبير، وحلق في الجو أكثر من عشرة دقائق، قبل سقوطه عموديا إلى الأرض، فتحطم الشراع وانكسرت إحدى فقراته، فأدرك عندئذ وظيفة الذيل عند هبوط الطيور، لأنها كما قال لأحد أصدقائه المقربين، تحط عادة على جذر الذيل، أما هو فلم يكن لآلته ذيل.

قال أحد شهود العيان يصف الحادثة: "طار مسافة كبيرة، كما لو انه طائر، ولكن عندما أراد الهبوط في المكان الذي انطلق منه، أصيب بأذى في ظهره". ذلك لأنه لم يتزود بذيل فلم ينتبه الى ان الطيور عندما تحط تهبط على ذيولها.

ولد أبو القاسم عباس بن فرناس البربري برندة عام 810 م وتوفي بقرطبة عام 887 م، وهو مخترع وفيلسوف مسلم أندلسي. عاش في عصر الخليفة الأموي الحكم بن هشام وعبد الرحمن بن الحكم بن هشام (عبد الرحمن الأوسط) ومحمد بن عبد الرحمن الأوسط في القرن التاسع للميلاد. كان له اهتمامات متعددة – كعادة معاصريه من العلماء ـ فاهتم بالرياضيات والفلك والكيمياء والفيزياء و علوم أخرى.

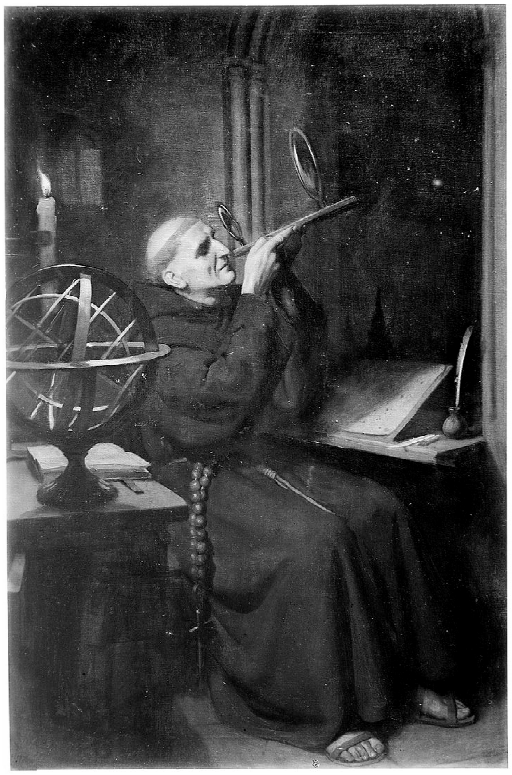


الشكل 2: لوحة لعباس وهو يحلق على الاجنحة التى صنعها.

الملحق رقم (2)

روجر بايكون :

(1214 – 1294)، ويعرف أيضاً باسم Doctor Mirabilis أي "المعلم المذهل" بالاتينية، كان فيلسوفا أنجليزيا وراهباً فرانسيسكياً وهو الذي وضع التأكيد على التجربة. ويشكر أحياناً على إنجازه كأول أوروبي يضع قوانين المنهج العلمي وقد أثرت أعمال أفلاطون عليه عندما رأى العلوم الإسلامية، سجن لفترة من العام 1278 بسبب آرائه واهتماماته عام 1278 م.



الشكل 3: لوحة للعالم روجر بايكون.

الملحق رقم (3)

برتولد شفارتز:

برتولد شفارتز المعروف أيضا باسم برتولد الأسود، كان اسطورة ألمانية (أو في بعض الروايات دنماركي أو يوناني) وكان رائدا في مجال كيمياء في أواخر القرن ال14، وكان له الفضل في اختراع البارود في القرن 15 و كانت الفترة التى نشط فيها شوارتز (أواخر القرن ال14) وبالتالي فانه كان من السباقين في اختراع البارود في أوربا، وتطوير تطبيقات فعالة في المدفعية.

الشكل 4: لوحة لبرتولد شفارتز.

الملحق رقم (4)

الحضارة الإسلامية :

أننا نقف مندهشين ومتعجبين أمام تطور فن الصواريخ العظيم دونأن نسأل أنفسنا إلى من ندين بهذا الاختراع ؟، وخاصة أننا نحن معشر الأوربيين، كنا، أحد أسباب نشوئه دون أن ندري. و هل أن الصينيين أول من فكر بإطلاق الصواريخ بواسطة البارود ؟، ففي معركة بين – كنغ Ping King عام 1232 م، ظهرت فجأة أثناء المعركة اليائسة ضد المغول أسهم طائرة مدفوعة بقوة البارود. من جهة أخرى، حوالي عام 1270 م استعمل المغول أنفسهم البارود، فكان أن قرر مصير المعركة المحتدمة حول مدينة فان – تشينغ Fan-Tsehing المحاصرة، أين تمكن قوبلاي خان المغولي من التغلب على أخر مقاومة للصين القديمة. لكن بمساعدة من يا ترى ؟،وأننا نسمع الجواب مندهشين من قبل المؤرخ رشيد الدين من قصر السلطان العربي :"إن قوبلاي خان كان قد تقدم إلي بطلب، يرجو فيه إيفاد مهندس قد أتى من دمشق و بعلبك. و قد بنى أبناء هذا المهندس الثلاثة، أبوبكر و إبراهيم ومحمد مع الجماعة التى بصحبتهم، سبعة آلات ضخمة و أتو بها إلى المدينة المحاصرة ".

و السؤال الآن هو : هل وضع المهندسون العرب في بين كنغ Bien King علمهم ذالك تحت التصرف ؟، و هل كانت القذائف التى استقبل بها القائد المصري فخر الدين، صديق فريدريك الثاني، الجيوش الإفرنجية و ملكها القديس عام 1249 م بحفاوة و حرارة شديدتين، لدى الحملة الصليبية السابعة اليائسة، هل كانت هذه القذائف عربية ؟ لقد كتب رسول أندلسي محارب يقول :"إنه كلما انطلقت قذيفة في الفضاء، كان يبلغ التأثر بملك فرنسا مبلغا كبيرا فيصيح بأعلى صوته :"سيدي الحبيب احمنى و شعبى من الكارثة !!".

و الحق يقال أن العلماء العرب وضعوا على كل حال، نظرية تركيب البارود المندفع في القرن الثاني عشر، و نظرا للحاجة الماسة التى فرضت على العرب أن يظلوا دوما في حالة دفاع و استعداد ضد العدوان الغربي،ما اضطر الحكام العرب إلى تشجيع كيمائييهم المشهور ينو دفعهم نحو إجراء التجارب على البارود و غيره من المواد الكيميائية المفيدة في ساحة معركة بشواظها و نيرانها و قوة اندفاعها و انفجارها .

من المؤكد أن العرب تمكنوا في النصف الثاني من القرن الثالث عشر أن يستعملوا البارود القاذف كمادة دافعة الصواريخ.ففي كتاب الحرب لحسن الرماح، و في غيره من الكتب التى تعالج شؤون الحرب في ذلك الزمان، نجد أن الحديث كان يدور فقط حول المواد المتفجرة و الأسلحة النارية و حول "بيض متحرك حارق" كان يطلق كقذائف نارية قاصفة كالرعد و هي أولى "الرعادات" و هي أشبه ما تكون بـ (طوربيدات) مزودة بمحركات صاروخية.

و عن طريق ترجمات لاتينية وصلت أولى المعلومات عن انواع المزيج القاصف اللامع , و عن "الالاعيب السحرية في بلاد أوروبا لدى إسماع روجر باكون , Roger Baconالبرتس ماغنوس Albertus Maguns

, و النبيل الالماني فون بولتشاد , Von Bollstadi و هذا الاخير هو الذي أمد, خلال طوافه المدعي باختراع البارود برتولد شفارس الفرنسيسكاني Berthold Schawrs في مدينة فرايبورغ , بمعلوماته الفذة .

و بعد هذه النظرية المشعلة للفكر يأتي التطبيق الذي هز العالم هزا ! فعرب الأندلس في اسبانيا هم أول من استعمل القذائف النارية في أوربا لأهداف عسكرية , فاصبحو ا بدلك أساتذة الأوروبيين أيضا في هذا الحقل . و بهذا بلغوا في التعليمات أثار العجب . ففي الأعوام 1325 – 1331 ـ1342 ,أثارت قذائف العرب النارية في كل معركة بازا Baza و اليكانت Alicante والجزيرة Algeeiras الهلع الكبير و الخوف الكاسح المؤذن بنهاية العالم بين صفوف الأعداء .

و بعد أربع سنوات أي في عام 1346 و في معركة Crécy الشهيرة , قررت مصير المعركة أنبوبة الشيطان تلك التي بثت الذعر في قلوب الانكليز لدى معركة الجزيرة , تقول أنها حسمت تلك المعركة بالانتصار الكاسح على جيوش الفرسان الفرنسية . و بهذا السلاح الجديد العجيب ابتدأ عصر جديد أيضا بالنسبة إلى الحروب , و أننا نقف فاغري الأفواه تعجبا لسرعة تقدمه الهائل منذ الحرب العالمية الثانية .

الملحق رقم (5)

كازيميرز سيمولوفيتش :

اللوثري البولندي كازيميرز سيمولوفيتش (1600 ـ 1651)، ولد في دوقية ليتوانيا و هو جنرال بولندي ليتواني ، مهندس عسكري و صانع السلاح ،كان أختصاصه المدفعية و الصواريخ. ، خدم في جيش الكومنولث البولندي اللتواني، وهو اتحاد من بولندا ودوقية، وفي جيوش فريدريك هنري، ولم يكتب سيرته ولا توجد عنه معلومات مفصلة بحيث يوجد اختلاف كبير بين المؤرخين حول حياته .بعد مساهماته الواسعة و انجازاته في العديد من المعارك، وكان اهم انجاز تركه هو كتاب التاريخ الكامل للمدفعية نشره عام 1650. هذا الكتاب ناقش الصواريخ والألعاب النارية.

الملحق رقم (6)

ـقسطنطين تسيلكوفسكيي – Konstantin Tsiolkovsky:

عالم فيزياء روسي ولد في 17 سبتمبر1857م . "ولد قسطنطين تشايكوفسكي في أسوءا حالات روسيا القيصرية حيث كانت تعاني البلاد من ويلات الحروب والفقر، كان والده حطابا فقيرا وبينما قد أصيب قسطنطين بالصمم منذ طفولته نتيجة مرض ثقلت وطأته فلم يتمكن من متابعة الدروس في المدرسة فبدا بتعليم نفسه بنفسه ويطالع كل مايتاح أمامه من كتب ولما انتقل إلى موسكو جعل يقضي وقته في دور الكتب العامة مستزيداً من العلم حتى أصبح أستاذا للرياضيات والطبيعيات في مدينة بورفسك ثم في كالوغا التى بقي فيها حتى وفاته.ملكت عليه فكرت الطيران بعيدا عن جاذبية الأرض كل مشاعره وهو بعد في السادسة عشر من سنه. وقد بدأ أثناء اضطلاعه بالتعليم العمل الجدي في الأبحاث العلمية التى أوصلته إلى اكتشافاته في حقول الطيران والصواريخ والسفر بين الكواكب والجيوفيزياء وقد صنع بنفسه كل الأدوات التى يحتاجه إليها في الاختبارات لأنه كان فقيرا جدا. ومن أهم مؤلفاته هي "الفضاء " و(كشف خبايا الفضاء باستعمال آلات تطير بالقوة النفاثة). والعالم اليوم يعرف الكثير عن أبحاثه القيمة مثل " سفينة الفضاء " و "المحرك النفاث " و "الطائرة النفاثة " و" الطائرة الصاروخية " و "مركبة الفضاء ..." ويرجع الفضل إلى تسيولكوفسكي في صناعة أول صاروخ" واهم إعماله هي الصاروخ ذو المراحل وقطارات الصواريخ وشروعه للصاروخ ذو المراحل المتعددة الذي قدمه سنة 1929 م والذي كان الأساس في صناعة الصواريخ عابرة القارات والصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية ".

وتوفي في 19 سبتمبر 1935 في قرية ازيفسكايا الروسية القريبة من مدينة كالوغاعلى ضفة نهر أوكا حيث كان يقطن العالم وحيث كتبت عبارة كبيرة على لوح نحاسي تقول " :هنا عاش وعمل كونستانتين تسيولكوفسكي العالم المخترع مؤسس نظريات الصواريخ والرجل الذي تنبأ بأن الطائرات النفاثة وسفن الفضاء وقطارات الصواريخ والأقمار الصناعية لاشك ستتلو الطائرات ذات محرك التوربينى [1][2][3].

الملحق رقم (7)

روبرت هتشينجز جودارد (Robert Hutchings Goddard):

اكتوبر 10 - 1882 أغسطس 1945 :

هو بروفيسور، وفيزيائي، ومخترع أمريكي، له الفضل في بناء أول صاروخ بالوقود السائل والذي اطلق بنجاح في 16 مارس .1926 نجح روبرت وفريق عمله في إطلاق 36 صاروخ ما بين العام 1926، والعام 1941، محققين ارتفاع وصل إلى 2.6 كم، وسرعة وصلت إلى 885 كم/ساعة (550 ميل/ساعة).

و كان الفضل لأعمال روبرت في جعل الوصول إلى الفضاء ممكنا بحيث اخترع الصاروخ متعدد المراحل (1914)، ولصاروخ ذو الوقود السائل (1914) . فقد نجح روبرت جودارد بإضافة التحكم في الثلاث محاور، والجيروسكوب، وتوجيه الدفع في الصواريخ، مما جعل من السهولة التحكم كفائه الصواريخ خلال تحليقها. نال روبرت القليل من الدعم الشعبي لأعماله طوال فترة حياته. ومع أن أعماله في مجاله كانت ثورية، إلا انه الصحافة سخرت منه كثيرًا بسبب نظرياته في غزو الفضاء. وكنتيجة لهذا فقد أصبح روبرت مدافع عن خصوصيته وإعماله. بعد عدة سنوات ومع بزوغ عصر الفضاء عُرف روبرت بأنه من الآباء المؤسسين لعلم الصواريخ الحديث. فلم يكن فقط أول من أظهر الإمكانيات العلمية للصواريخ ورحلات الفضاء، بل و كان هو أول من وضع حلول عملية وتصميمات وطرق تصنيع هذه الصواريخ [1][2][4][5].

الملحق رقم (8)

مؤسسةأو معهد سميثسونيان (Smithsonian Institution) :

مؤسسة تعليمية وبحثية مع مجموعة متاحف تموها وتديرها حكومة الولايات المتحدة بالإضافة إلى دخل من الهبات والتبرعات وأرباح متاجرها ومجلتها. تأسست في 10 أغسطس 1846 عبر قانون أصدره آنذاك الكونغرس الأمريكي، تقع معظم مرافقها في واشنطن العاصمة باستثناء 19 متحفا وحديقة حيوان وثمانية مراكز بحثية تتوزع بين فرجينيا وبنما ومدينة نيويورك وأماكن أخرى. وللمؤسسة أكثر من 142 مليون قطعة في مقتنياتها.

تقع مؤسسة سميثسونيان في منتزه ناشونال مول .

وتصدر المؤسسة مجلة شهرية باسمها سميثسونيان، ولديها شرطة خاصة تحمي الزوار والموظفين والمقتنيات.

الشكل 5: معهد سميثسونيان .

الملحق رقم (9)

معاهدو فرساي:

معاهدة فرساي هي المعاهدة التى أسدلت الستار بصورة رسمية على وقائع الحرب العالمية الأولى. وتم التوقيع على المعاهدة بعد مفاوضات استمرت 6 أشهر بعد مؤتمر باريس للسلام عام 1919. وقّع الحلفاء المنتصرون في الحرب العالمية الأولى من جانب اتفاقيات منفصلة مع القوى المركزية الخاسرة في الحرب (الإمبراطورية الألمانية والإمبراطورية النمساوية المجرية والدولة العثمانية وبلغاريا). تم توقيع الاتفاقيات في 28 يونيو 1919. وتم تعديل المعاهدة فيما بعد في 10 يناير 1920 لتتضمّن الاعتراف الألماني بمسؤولية الحرب ويترتب على ألمانيا تعويض الأطراف المتضرّرة مالياً. وسمّيت بمعاهدة فيرساي تيمناً بالمكان الجغرافي الذي تمّ فيه توقيع المعاهدة وهو قصر فرساي الفرنسي.

تمحّضت الاتفاقية عن تأسيس عصبة الأمم التى يرجع الهدف إلى تأسيسها للحيلولة دون وقوع صراع مسلّح بين الدول كالذي حدث في الحرب العالمية الأولى ونزع فتيل الصراعات الدولية. أدت الاتفاقية إلى خسارة ألمانيا بعض أراضيها ومستعمراتها لصالح أطراف أخرى، ومن تلك الأراضي الألمانية مقاطعة للّهشاندونغللّه الصينية التى آلت إلى اليابان عوضاً عن الصين مما تسببت بالقلاقل في الصين وتسيير المظاهرات الاحتجاجية. خسرت الدولة العثمانية أيضاً أراضي واسعة في أوروبا وآسيا وانتهت كإمبراطورية.

وفيما يتعلق بالقيود العسكرية على ألمانيا، فقد نصّت الاتفاقية أشد الضوابط والقيود على الآلة العسكرية الألمانية لكي لايتمكن الألمان من إشعال حرب ثانية كالحرب العالمية الأولى، فقد نصّت على التجريد العسكري للجيش الألماني والابقاء على 100,000 جندي فقط وإلغاء نظام التجنيد الإلزامي الذي كان يعمل به في ألمانيا. ولا تستطيع ألمانيا إنشاء قوة جوية والتقيد بـ 15,000 جندي للبحرية بالإضافة إلى حفنة من السفن الحربية بدون غواصات حربية. ولا يحق للجنود البقاء في الجيش أكثر من 12 عاماً وفيما يتعلّق بالضبّاط، فأقصى مدّة يستطيعون قضاءها في الجيش هي 25 عاماً لكي يصبح الجيش الألماني خالياً من الكفاءات العسكرية المدرّبة ذات الخبرة.

ونصّت الفقرة 232 من المعاهدة على تحمّل ألمانيا مسؤولية الحرب وتقديم التعويضات للأطراف المتضرّرة وحددت التعويضات بـ 269 مليار مارك ألماني وخفّض هذا المبلغ ليصبح 132 مليار مارك، ويفيد الاقتصاديون أنه بالرغم من تخفيض الرقم الكلي لتعويضات الأطراف المتضرّرة، إلا أنه يبقى مبالغاً فيه. أثقلت الديون الملقاة على عاتق ألمانيا من عجلة الاقتصاد الألماني مما سبب درجة عالية من الامتعاض الذي أدى إلى إشعال الحرب العالمية الثانية على يد المستشار الألماني أدولف هتلر.

الملحق رقم (10)

ورنر فون براون:

ولد في 23 مارس 1912.. ولد في بلدة ويرزيسك البولندية عام 1912 لأسرة أرستقراطية وهو الابن الاوسط بين ثلاث أبناء في أسرته حيث كان والده موظفا حكوميا ثم أصبح لاحقا وزيرا للزراعة في جمهورية فايمار. التحق عام 1925 بالمدرسة الداخلية في مدينة ايترسبرج القريبة من مدينة فايمار والتى امضي فيها 3 سنوات إلى أن نقله والداه إلى مدرسة هيرمنليتز الداخلية في العام 1928 وكانت والدته إيمي فون كيزتورب شديدة العناية به، وإليها فضل تفتح ميوله وفضوله العلمي منذ طفولته، حين أهدته مرقاباً بمناسبة عماده في الكنيسة اللوثرية، فلم يفارقه ولعه بالفلك وعالم الفضاء. في ربيع عام 1920 انتقلت أسرته إلى برلين، ومع أنه لم يكن متفوقاً في دراسته الثانوية ولا سيما في مادتي الفيزياء والرياضيات، حدث تبدل مهم في مجرى حياته عندما اقتنى عام 1925 نسخة من كتاب الصاروخ في الفضاء بين الكواكب الذي ألفه رائد الصواريخ الألماني هيرمان أوبرت وأصيب بالإحباط لعجزه عن فهم المعادلات الرياضية فيه فقرر متابعة الدراسة بجدية تامة، والتحق بمعهد شارلوتنبور العالي للتكنولوجية في برلين .

وفي ربيع العام 1930 انضم براون إلى الجمعية الألمانية لرحلات الفضاء، وكان في أوقات فراغه يساعد هيرمان أوبرت في اختبارات محركات الصواريخ التى تعمل على الوقود السائل، وفي الوقت نفسه كان يتدرب على قيادة الطائرات الشراعية ثم الطائرات ذوات المحركات إلى أن حصل على شهادة طيار. وفي عام 1932 تخرج في المعهد العالي للتكنولوجية . وبعد سنتين من ذلك التاريخ حصل براون على درجة دكتوراة فلسفة في الفيزياء من جامعة برلين. وكان موضوع رسالته، الذي لم يعط عنواناً مميزاً لسرّيته، حول اختبارات احتراق الوقود، واشتمل على دراسات نظرية وتجارب تطوير محركي الدفع الصاروخيين من طراز 300 رطلاً و660 رطلاً. ظل فون براون مصراً على متابعة بحوثه، يشد أزره أوبرت، إلى أن توصل في عام 1942 في هذا المركز إلى إطلاق طائرة صاروخية بمساعدة جهاز إطلاق نفاث، وإلى تطوير القذيفة البالستية البعيدة المدى آ4 A-4 والقذيفة المضادة للطائرات الأسرع من الصوت فاسرفال Wasserfall التى أهملت من أجل تطوير القذيفة آ4، وأمر هتلر بإنتاج هذه القذيفة التى أطلقت عليها وزارة الدعاية الألمانية اسم «ف2ـ» V-2 ، وكان وزنها 20 طناً وتحمل رأساً متفجراً زنة 260 كج. وفي العام 1944 حاولت قوات الصاعقة "إس إس SS "أن تنسب إليها فضل تطوير الصواريخ فهاجمت فون براون واعتقلته بتهمة الخيانة العظمى، ولكن دورنبرگر تدخل على الفور وتمكن من رد حريته إليه بعد بضعة أسابيع. وبعد إحداث إدارة الطيران والفضاء الوطنية (ناسا) من أجل تنفيذ برنامج الفضاء الأمريكي انتقل براون وتنظيمه من الجيش إليها. وتولى براون فيها إدارة تطوير عمليات إطلاق عدد من مركبات الفضاء الكبيرة مثل ساتورن –1 و غيرها في مركز جورج مارشال لطيران الفضاء في هنتسفيل. وكان النجاح الذي حققته هذه المركبات من فئة ساتورن حدثاً مهماً في تاريخ إنتاج

الصواريخ في شهر آذار 1970انتقل براون إلى مقر قيادة وكالة ناسا في واشنطن نائباً مساعداً لشؤون التخطيط. استقال من الوكالة في عام 1972 ليصبح نائب رئيس شركة فيرتشيلد الصناعية المتخصصة في صناعات الفضاء. وفي عام 1975 أسس براون المعهد القومي لشؤون الفضاء، وهو منظمة خاصة هدفها توفير الدعم والتأييد الشعبي لأنشطة الفضاء وتفهم الغاية منها.

تزوج عام 1947 ابنة خاله مارية لويس فون كيزتورب، ورزق منها ابنتان أيريس ومارغريت، وابن واحد هو بيتر كونستنتين. وقد حاول براون أن يسوغ تورطه في تطوير الصاروخ ف2 الألماني بقوله إن من واجب المرء في زمن الحرب أن يعمل من أجل بلاده بغض النظر عما إذا كان موافقاً على سياستها. كانت الكفاية الفنية لدى مجموعة براون مميزة ومع أنه انصرف تماماً في أثناء الحرب العالمية الثانية لتطوير صاروخ بعيد المدى سلاحاً للحرب فقد كان يقول: «إن كنا جيدين فلأننا صرفنا خمسة عشر عاماً في ارتكاب الأخطاء وتعلمنا منها .....توفي عام 1977 متأثرا بورم في البنكرياس [6].

الملحق رقم (11)

مايسور

تعدل اسمها مؤخرا إلى مايسورو هي ثاني أكبر مدينة في ولاية كارناتاكا في الهند .وهي أيضاً المقر الرئيسي لمقاطعة مايسور وتبعد عن بنغالور 146 كم. الاسم مايسور يعنى مقام ماهيشا. الاسم ماهيشا يعود على ماهيشاسورا، وهو شيطان من أساطير الهندوسية .مساحتها حوالي 128.42 كم مربع.

حتى 1947، كانت مايسور عاصمة مملكة مايسور التى كانت تحت حكم السلالة الحاكمة للهوادياراللّه، ماعدا فترة وجيزة في أواخر القرن الثامن عشر حيث حكمها حيدر علي وسلطان تيبو. كان الواديار مهتمون جدا بالحضارة والفن، ولذلك أسهموا كثيراً في تطور المدينة وبذلك أصبحت المدينة عاصمة كارناتاكا

معركة بوليلور

خاض معركة بوليلور في 27 أغسطس 1781، بين قوات مملكة ميسور تحت حيدر علي وقوات شركة الهند الشرقية البريطانية بقيادة الجنرال ايركوت. خاضت المعركة على موقع لقاء 1780 الذي تم فيه توجيه قوة الشركة تقريبا أو الاستيلاء عليها.

ترافنكور

ترافنكور إمارة هندية سابقاً ج. غ. الهند وعلى بحر العرب، وحدها أحد سلالة ملوك شيره القدامى في القرن 18. حالفت البريطانيين في حربهم مع حيدر علي، وتبو صاحب. اشتهرت بحكومتها التقدمية، وبارتفاع نسبة المتعلمين

سيرينغاباتام

سيرينغاباتام بلدة في منطقة مانديافي ولاية كارناتاكا الهندية. تقع بالقرب من مدينة ميسور،على بعد 15 كم من مدينة مايسور.

الملحق رقم (12)

هيرمان اوبرث :

أوبيرث ينتمي لعائلة ترانسلفانيا الساكسونية ولد في هيرمانستادت (ناجيسيبن)، النمسا والمجر، اليوم سيبيو-رومانيا. في سن 11 عاما أصبح أوبيرث مفتونا بالميدان الذي وضع بصمته فيه الى وهو السفر الى الفضاء،وذلك من خلال قراءة كتابات جول فيرن، وخاصة من الأرض إلى القمر وعلى مقربة من القمر، وأعاد قراءتها اكثر من مرة واحدة الى ان حفظه. تأثر كثيرا على كتابات و أفكار فيرن وقام بتصنيع اول صاروخ نموذجي له كطالب في سن 14 عاما. وفي تجاربه الشابة، وصل بشكل مستقل إلى مفهوم الصاروخ متعدد المراحل، لكنه لم يكن لديه الموارد اللازمة لمتابعة فكرته حيث قام برفع مستواه من خلال تدوين افكاره اللامعة بالقلم الرصاص. في عام 1912، بدأ أوبيرث دراسة الطب في ميونيخ، ألمانيا، ولكن في اندلاع الحرب العالمية الأولى، تمت صياغته في الجيش الامبراطوري الألماني، المكلف بكتيبة مشاة، وإرسالها إلى الجبهة الشرقية ضد روسيا. في عام 1915، نقل أوبرث إلى وحدة طبية في مستشفى في سيغيسوارا (الألمانية ششايربورغ، المجرية سيجيسفار)، ترانسيلفانيا، في النمسا والمجر (رومانيا اليوم). هنالك وجد وقت الفراغ لاجراء سلسلة من التجارب المتعلقة انعدام الوزن، واستأنفت في وقت لاحق التصاميم له الصواريخ. بحلول عام 1917، أظهر تصاميم لصاروخ باستخدام وقود سائل مع مجموعة من 180 ميلا إلى هيرمان فون شتاين، وزير الحرب البروسية.

في 6 يوليو 1918، تزوج أوبيرث ماتيلد همل، حيث انجب معها أربعة أطفال. توفي احد ابنائه كجندي في الحرب العالمية الثانية ، توفيت ابنته كذلك خلال الحرب عندما وقع انفجار في مصنع الأكسجين السائل حيث كانت في أغسطس 1944.

في عام 1919، انتقلت أوبيرث مرة أخرى إلى ألمانيا، وهذه المرة لدراسة الفيزياء، في البداية في ميونيخ وبعد ذلك في غوتنغن. في عام 1922، تم رفض أطروحة الدكتوراه المقترحة من أوبيرث في علم الصواريخ بأنها "طوباوية". ثم نشر عمله الخاص المؤلف من 92 صفحة بشكل خاص في يونيو 1923 ككتاب مثير للجدل إلى حد ما، وهو" الصاروخ في فضاء الكواكب". وبحلول عام 1929، وسعت أوبيرث هذا العمل إلى كتاب مؤلف من 429 صفحة بعنوان "سبل التجول الفضائي". وعلق أوبيرث في وقت لاحق أنه جعل الخيار المتعمد عدم كتابة أطروحة دكتوراه أخرى. وفي النهاية حصل هيرمان أوبيرث على ترخيصه في الفيزياء نفس ورقة الصواريخ التي كتبها قبل، من قبل جامعة كلوج، رومانيا، تحت الأستاذ أوغستين مايور، في 23 مايو 1923. ونال شهادة الدكتورا.

أصبح أوبيرث عضوا في "جمعية الفضاء الفضائي" "VFR"وهي مجموعة صواريخ الهواة التي استلهمت كثيرا من كتابه، وعمل أوبيرث كمرشد للمتحمسين الذين انضموا إلى الجمعية.الذين لم يسعفهم الحظ بمواصلتهم دراستهم في الكلية، كما انظم العديد من الخبراء المتعلمين جيدا في العلوم الفيزيائية والهندسة في الفترة الزمنية من 1920 حتى 1930 مع تازم الوضع الذي اصبح اسوأ بكثير أي الاكتئاب الذي بدأ عام 1929 لذلك، من 1924 حتى 1938 دعم أوبيرث نفسه وأسرته من خلال تدريس الفيزياء والرياضيات في مدرسة ستيفان لودفيج روث الثانوية في مدياس، رومانيا.

في أجزاء من 1928 و 1929، عمل أوبيرث أيضا في برلين، ألمانيا كمستشار علمي في الفيلم، فراو إم موند "المرأة في القمر"، الذي كان إخراج رائد الفيلم الرائع فريتز لانغ في ونيفرزال فيلم أغ الشركة. وكان هذا الفيلم ذا قيمة هائلة في نشر أفكار الصواريخ واستكشاف الفضاء. كانت إحدى مهام أوبيرث الرئيسية هي بناء وإطلاق صاروخ كحدث دعاية قبل العرض الأول للفيلم. كما صمم نموذج "فريد"، الصواريخ الرئيسية التي صورت في الفيلم. في 5 يونيو 1929، فاز أوبيرث الأول "جائزة ريب هيرش" من الجمعية الفلكية الفرنسية لتشجيع علماء الفضاء في كتابه "طرق لرحلات الفضاء".

في خريف عام 1929، أجرى أوبيرث إطلاقا ثابتا لأول محرك صواريخ سائل الوقود الذي أطلق عليه اسم كيجلدوس. تم بناء المحرك من قبل كلاوس ريدل في ورشة عمل توفرها مؤسسة الرايخ للتكنولوجيا الكيميائية، وعلى الرغم من أنها تفتقر إلى نظام التبريد، إلا أنها كانت تعمل لفترة وجيزة. وساعده في هذه التجربة تلميذ عمره 18 عاما ويرنر فون براون الذي أصبح في وقت لاحق عملاقا في كل من هندسة الصواريخ الألمانية والأمريكية منذ الأربعينيات فصاعدا، وبلغ ذروته بصواريخ زحل V العملاقة التي مكنت بوضع الاقدام على سطح القمر في عام 1969 وفي عدة سنوات لاحقة. في الواقع، قال فون براون "كان هيرمان أوبيرث هو الأول، الذي فكر في إمكانية سفن الفضاء امسك قاعدة الانزلاق وقدم مفاهيم وتصاميم تحليلها رياضيا .... أنا، نفسي، مدين له ليس فقط النجم التوجيهي من حياتي، ولكن أيضا بلدي أول اتصال مع الجوانب النظرية والعملية للصواريخ والسفر الفضاء. وينبغي أن يكون مكان الشرف محجوزا في تاريخ العلم والتكنولوجيا لمساهماته الرائدة في مجال الملاحة الفضائية [1][4].

الملحق رقم (٢٢)

النادي الجزري لعلوم الميكانيكا والهندسة " AMSEC". تم إنشاء هذا النادي بجامعة محمد خيضر- بسكرة كلية العلوم والتكنولوجيا قسم الهندسة الميكانيكية سنة 2016. ومن إنجازاتنا في هذا النادي صنع صاروخ AMSEC-R v.01 للهواة يبلغ مداه 7000 مترا وذلك قصد المشاركة في المسابقة الوطنية الأولى للطيران والتي ستقام في 15 سبتمبر 2017 بين الجامعات. وتم والحمد لله إتمام العمل وهذه بعض صور لي لبعض أعضاء النادي المشاركون في المسابقة.

الشكل 1: صورة لي أنا عبد الحيكم عيساوي "الجالس" و حسام جهارة على اليمين وصالح خريش على اليسار نقوم بتصميم الصاروخ AMSEC-R v.01.

الشكل 2: صورة لي مع زميلي محمد تميم نقوم بتصميم الاجنحة.

الشكل 3: صورة للزميل عبد الكريم زيدان.

الشكل 4: صورة للطلبة من اليمين إلى اليسار ح. جهارة، ص. خريش، ع.عيساوي، نقوموا بتصنيع رأس الصاروخ.

الشكل 5: صورة لي وح. جهارة بعد الانتهاء من صنع رأس الصاروخ.

الشكل 6: صورة للصاروخ AMSEC-R v.01 وهو مجزئ.

الشكل 7: صور تكل من .ص. خريش وأنا و.ح. جهارة مع الصاروخ AMSEC-R v.01.

قائمة المراجع

[1] Williamson, M., (2006) " Spacecraft Technology The early years", Institution of Engineering and Technology, London.

[2] Nikolai Fedorov and His Followers ," THE Russian Cosmists the Esoteric Futurism of Nikolai"

[3] G. A. Robertson, D. W. Webb," The Death of Rocket Science in the 21st Century", Institute for Advanced Studies in the Space, Propulsion & Energy Sciences.

[4] Joseph A. Angelo, Jr," Space Technology Green Wood Press Westport", Connecticut London,2003.

[5] Greenbelt, Maryland," National Aeronautics and Space Administration", NASA Facts Goddard Space Flight Center.

[6] Spangenburg and Diane Kit Moser," Wernher von Braun-Rocket Visionary", Revised Edition-Ray -Chelsea House an imprint of Infobase Publishing .2008, 1995 by Ray Spangenburg and Diane Kit Moser.

ملخص:

نظام الدفع الصاروخي ذو الوقود الصلب، هو عبارة عن محرك صاروخي يتغذى بالوقود الصلب المكون من مادة مؤكسدة و مادة مختزلة. رغم تفوق الصواريخ الحديثة التى تعمل بالوقود السائل، إلا أن للصواريخ ذات الوقود الصلب تطبيقات خاصة تناسبها. يتكون المحرك البسيط للصاروخ ذي الوقود الصلب من هيكل المحرك وفوهة دي لافال وأقراص الوقود الصلب وقادح، يحترق الوقود الصلب طبقا لعملية اشتعال الوقود الصلب الذي ينتج عنها غازات العادم وتصمم الفوهة أو المنفث بحيث يحافظ على ضغط معين للغاز الساخن في غرفة الاحتراق ويسمح في نفس الوقت بخروجه من الفوهة بحيث يتولد الدفع. ويكون هذا الأخير هو المسؤول عن رفع الصاروخ.

Abstract:

The solid propellant rocket propulsion system is a solid propellant fueled by solid fuels and a reduced substance. Despite the superiority of modern liquid-fuel rockets, solid-fuel rockets have special applications. The simple engine of the solid-fuel rocket consists of the motor structure, the nozzle De Laval, solid fuel discs and an igniter, solid fuel burned according to the solid fuel ignition that produces exhaust gases, the nozzle or outlet is designed to maintain a certain pressure of hot gas in the combustion chamber and at the same time allows it to exit the nozzle so that the exhaust charge is generated. The latter is responsible for raising the rocket.

Résumé:

Le système de propulsion de fusée à combustible solide est un propulseur solide alimenté par des combustibles solides et une substance réduite. Malgré la supériorité des fusées modernes à combustible liquide, les fusées à combustible solide ont des applications spéciales. Le moteur simple de la fusée à combustible solide se compose de la structure de la moteur, De Laval nozzel, des disques de carburant solides et un allumeur, le combustible solide brûlé selon l'inflammation du combustible solide qui produit des gaz d'échappement, nozzel ou le tuyère est conçue pour maintenir une certaine pression de gaz chaud dans la chambre de combustion et lui permet en même temps de sortir de la buse de manière à générer la charge d'échappement . Ce dernier est chargé d'élever la fusée.