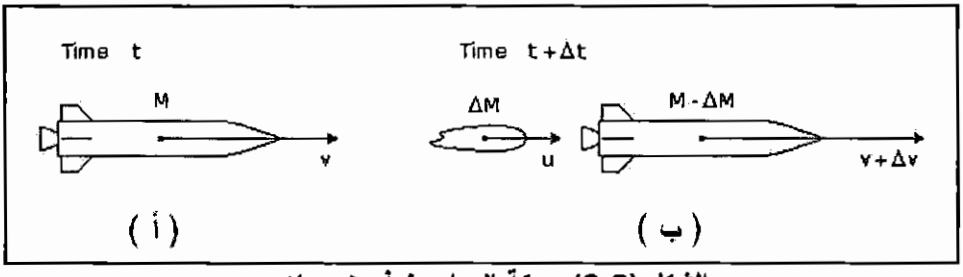
ثابتة. بعد فترة زمنية Δt نجد أن وضع الصاروخ تغير إلي الوضع (ب) في الشكل (8-2) حيث نجد أن الكتلة التي قذفت من الصاروخ علي هيئة وقود ΔM بسرعة U بالنسبة لراصد ما. لذلك نجد أن كتلة الصاروخ أصبحت $M-\Delta M$ وسرعة الصاروخ V أصبحت $V+\Delta V$. ولعدم وجود أي قوي خارجية علي الصاروخ فإن عزم الصاروخ ثابت أي $\frac{dP}{dt}=0$ ، لهذا نجد أن الدفع الذي يكتسبه الصاروخ ناتج عن الكتلة التي فقدها كوقود محترق مندفع بسرعة في الاتجاه الآخر.



الشكل (8-2) حركة الصاروخ في زمن Δt.

3-8 : الإشتعال وسرعة العادم Combustion and exhaust velocity

إن عملية الإحتراق تعني أكسدة مركبات الوقود القابلة للتأكسد. وأثناء الإحتراق تظل كتلة كل عنصر كما هى. فمثلا معادلة التفاعل التالية بين الميثان والأكسجين :

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

تنص علي أن جزىء من الميثان CH_4 تفاعل مع جزئين من الأكسجين $2O_2$ لتكوين جزىء من ثاني أكسيد الكربون CO_2 وجزئين من الماء $2H_2O$. وهذا يعني أيضا أن 16 جرام من الميثان تتفاعل مع 64 جرام من الأكسجين لتكوين 44 جرام من ثاني أكسيد الكربون و 36 جرام من الماء.

والمثال السابق للتفاعل يوضح ضرورة توفير كمية أكسجين كافية للتفاعل الكيميائي مع الوقود بالكامل. وأعلي درجة حراره للهب التفاعل يمكن الوصول إليها تحت ظروف هذا التفاعل.

لذلك يجب اشعال محرك الصاروخ عند توافر نسب مثالية لخليط الوقود. وهذه النسبة تحدد معدل إنسياب كتلة المؤكسد مقسومة علي معدل إنسياب كتلة الوقود. ولو أخذنا تفاعل الكيروسين مع الأكسجين نجد أن:

$$C_{12}H_{26} + 12.5\ O_2 \rightarrow 12\ CO + 13\ H_2O$$

حيث وزن جزئي الكيروسين $C_{12}\ H_{26}$ هو 170 ووزن جزئي الأكسجين O_2 هو 32 لذلك تحصل علي نسبة الخليط المؤكسد إلي الوقود وهي :

$$O/F = (12.5 \times 32) / 170 = 2.35$$

وهي النسبة المثالية للعديد من الصواريخ التي تستخدم الكيروسين. ونبضة الدفع لمحرك الصاروخ تحدد بحاصل ضرب نسبة إنسياب كتلة الوقود مع سرعة العادم المقذوف من الصاروخ.

نجد أن نسبة الحرارة النوعية تعتمد علي تركيب خليط الوقود ودرجة حرارة غازات العادم وتكون هذه النسبة في العادة 1.2. ودرجة حرارة اللهب تتراوح بين 2500 ° إلي 3600° مئوية (C). وضغط غرفة الإحتراق يمكن أن يتراوح بين 7 حتى 250 ضغط جوي. والضغط عند الفوهة P_e يجب أن يساوي الضغط الخارجي المحيط بالمحرك.

وجد أن أعلى ضغط ودرجة حرارة لغرفة الإحتراق وأقل وزن جزئي لغاز العادم المقذوف من الفوهة ينتج أعلى سرعة قذف للغاز، وبالتالي أعلى قوة دفع. واستنادا لهذه المعايير نستنتج لماذا كان الهيدروجين السائل مرغوب فيه جدا كوقود للصواريخ.

يجب أن نشير إلي أن عملية الإحتراق ينتج عنها تفكك الجزئيات. حيث يسبب ارتفاع درجة حرارة الغرفة انفصال الجزئيات إلي أبسط المكونات التي تكون قابلة للإتحاد مرة أخرى. فإذا أخذنا التفاعل بين الكيروسين والأكسجين نجد أن ناتج الإحتراق مزيج متوازن من الذرات والجزئيات التي لها تأثير قوي في رفع درجة حرارة لهب الإشتعال وتتكون من C كربون، CO اول أكسيد الكربون ، CO_2 ثاني أكسيد الكربون ، H ذرة هيدروجين، H_2 جزئ هيدروجين، H_2O ماء ، HO هولميوم، O_2 جزئ أكسجين،O ذرة أكسجين.

4-8 : الدفع النوعي :

الدفع النوعي Specific Impulse للصاروخ هو نسبة قوة الدفع لمعدل انسياب الكتلة المقذوفة ويعبر عن الدفع النوعي بالثواني. عندما يكون الدفع ومعدل انسياب الوقود ثابت أثناء احتراق الوقود يكون الدفع النوعي للصاروخ هو الفترة الزمنية التي يمد فيها المحرك الصاروخ بقوة دفع مساوية لوزن الوقود المستهلك.