

Quelques expériences autour de la combustion avec du méthane (gaz naturel)

1

Patrik Claes - Speelderwijzer vzw

Pour cette série de tests, j'utilise une source bon marché de méthane : le gaz naturel. Après tout, le gaz naturel est composé à plus de 80% de méthane, le reste étant quelques pourcents d'hydrocarbures supérieurs et surtout de l'azote. Selon la région où vous vivez, vous avez du gaz naturel à faible pouvoir calorifique (+/- 80% de méthane) ou à haut pouvoir calorifique (jusqu'à 95% de méthane).

Remplir des ballons de baudruche.

En préparation, nous remplissons 3 ballons avec du gaz naturel. Si vous avez de la chance, la densité de votre gaz naturel sera suffisamment faible et les ballons flotteront, mais mes ballons ne flottent tout simplement pas car je vis dans une région où le gaz a un faible pouvoir calorifique, donc la teneur en azote rend la densité du mélange gazeux trop élevée. J'utilise un ballon de plage comme récipient intermédiaire pour remplir le ballon de baudruche. La pression sur la conduite de gaz est trop faible pour gonfler un ballon, nécessitant une certaine force musculaire. Le ballon de plage ne fournit aucune contre-pression, vous pouvez donc le remplir facilement (par exemple sur la canalisation de gaz naturel des brûleurs Bunsen au laboratoire). J'utilise moi-même un ballon de plage ordinaire dans lequel j'insère un raccord de tuyau (<https://www.fiers.be/nl/producten/laboratoriumbenvrage/pompen-pipetten-monstername/slangconnectoren/rotilabo-slang-verbindingstuks>) et un morceau de tuyau en silicone avec un robinet (<https://www.fiers.be/nl/producten/laboratoriumbenvrage/pompen-pipetten-monstername/slangconnectoren/rotilabo-plastic-slangconnectoren-doorlaatkranen>). Vous pouvez même omettre ce robinet si vous remplissez les ballons immédiatement après avoir rempli le ballon de plage directement sur la conduite de gaz.

ATTENTION: Avant de remplir le ballon de baudruche avec le méthane, soufflez dans le ballon pour le gonfler complètement et dégonflez-le à nouveau afin de l'étirer suffisamment au préalable, sinon vous ne pourrez pas appliquer suffisamment de pression avec les muscles de vos bras.

Vous pouvez faire un nœud pour fermer deux ballons, le troisième peut être fermé avec une pince à linge.

1. Allumez le ballon avec un briquet

Lorsque nous essayons d'allumer le ballon avec un briquet, le ballon éclate, mais le gaz naturel ne s'enflamme pas et la flamme du briquet s'éteint. C'est parce que le gaz naturel ne contient pas d'oxygène. Lorsque ce gaz naturel est soufflé sur la flamme du briquet au moment où le ballon éclate, le gaz du briquet (= gaz butane) ne reçoit, en effet, pas d'oxygène, de sorte que la flamme s'éteint.

ATTENTION: assurez-vous que le ballon soit suffisamment REMPLI. Certains enseignants peuvent préférer par prudence, utiliser moins de gaz naturel, mais cela ne fait qu'augmenter les risques que le gaz naturel s'enflamme. Si le ballon est gonflé petit et très faiblement (= peu de tension sur le ballon), la pression dans le ballon sera plus faible, de sorte que le gaz naturel s'écoulera moins rapidement du ballon lorsque le ballon éclatera et aura donc plus de temps pour se mélanger avec l'air. Par DEMI-SÉCURITÉ vous pouvez utiliser un écran (il peut-être en carton) comme je le fais dans la vidéo, quoique le risque que le gaz naturel s'enflamme soit minime si le ballon est suffisamment

Quelques expériences sur la combustion avec du méthane (gaz naturel) Patrik Claes

rempli (et donc tendu).

2

2. Allumez le ballon avec une flamme plus grande

Nous essayons d'allumer le deuxième ballon avec un brûleur avec une meilleure alimentation en air et une flamme plus grande. Cela signifie que la flamme ne sera pas éteinte si le gaz naturel est soufflé sur la flamme lorsque le ballon éclate. Utilisez ici un long brûleur (par exemple [un brûleur de mauvaises herbes](#)) ou utilisez un bec Bunsen et collez simplement le ballon sur un bâton assez long et maintenez le ballon au-dessus de la flamme.

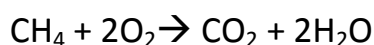
ATTENTION !!!: La boule de feu est totalement inoffensive en elle-même car le contenu calorifique est trop faible pour mettre le feu à quelque chose. Cependant, la boule de feu peut être si grande qu'elle monte jusqu'au plafond de la pièce. Ce n'est pas un problème, la quantité de chaleur produite est trop faible pour amener le matériau de construction normal (bois, faux plafond, ...) au-dessus de la température d'inflammation et y mettre le feu. Cependant, assurez-vous que TOUS les objets hautement inflammables (autres ballons avec du gaz naturel, bouteilles avec par exemple de l'éther, de l'acétone, ...) soient certainement hors de portée!!

La combustion est relativement lente. En effet, le gaz méthane doit pouvoir se mélanger suffisamment avec l'oxygène de l'air pour brûler. Cela permet à la boule de feu de s'élever tout en brûlant. En effet, les gaz se dilatent sous l'effet de la chaleur (ce qui réduit leur densité) et parce que la densité du méthane est inférieure à celle de l'air ambiant.

La boule de feu se dilate également. Selon la taille du ballon, même jusqu'à un diamètre d'environ un mètre. C'est bien sûr parce que les gaz se dilatent à cause de la chaleur, mais aussi en partie parce que les gaz dans le ballon sont sous (légère) pression, et se dilatent lorsque le ballon éclate parce que la pression dans l'air environnant est plus faible. **Assurez-vous donc d'allumer votre ballon à une distance suffisante.**

3. Ballon rempli de 1/3 de gaz naturel et 2/3 d'oxygène gazeux

Nous remplissons le troisième ballon avec 2 parties d'oxygène gazeux contre 1 partie de gaz naturel déjà présent. Si nous supposons que le ballon contient du méthane pur (il n'y a pas d'azote dans le gaz naturel), nous obtenons:



Il nous faut donc 2 molécules d'oxygène gazeux pour une combustion idéale (complète) d'une molécule de méthane gazeux.

La combustion est explosive dans ce rapport. Cela provoque un flash de lumière, une détonation sourde et une (petite) onde de choc où la poussière peut littéralement être soufflée des lampes et du plafond. Vous ressentez également cela légèrement sur votre corps. Sur la vidéo, vous pouvez voir, par exemple, que les toiles noires bougent en arrière-plan et que de la poussière tombe en tourbillonnant du plafond ...

CONSEIL: assurez-vous d'utiliser à nouveau un briquet ordinaire (avec écran, voir ci-dessous). Cela rend le contraste avec la première expérience (avec le gaz naturel pur) encore plus clair. Dans le premier essai, le briquet s'éteint, dans ce troisième essai, le briquet n'entre pas en contact avec le

gaz naturel pur mais avec un mélange de gaz idéal contenant de l'oxygène gazeux de sorte que le briquet ne s'éteint pas et le mélange de gaz s'enflamme.

3

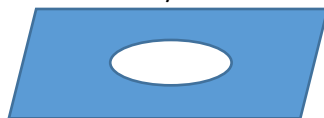
ATTENTION PRÉCAUTIONS DE SÉCURITÉ:

- Assurez-vous que les élèves se couvrent les oreilles !!!
- Utilisez une protection auditive, des lunettes de sécurité (pour les morceaux de ballon ou de poussière qui seront soufflés) et un morceau de carton ou autre écran pour vous protéger. Ici, le développement de chaleur n'est pas énorme non plus (je le montre sur la vidéo en collant un papier sur l'écran), mais comme la combustion se produit très rapidement, vous pourriez vous brûler les poils de vos bras, si vous n'utilisez pas d'écran.

Un moyen relativement bon marché d'obtenir de l'oxygène pur est une petite machine à souder autogène (https://www.ts24.be/product_info.php/info/7806/CFH-Autogeen-Lassen-Hard-Soldeer-SF3100/). Cet ensemble coûte 80-90 € (bouteilles de gaz incluses), une bouteille de gaz supplémentaire avec oxygène ne coûte que 20-25 €. Pour cela, vous disposez de 950mL d'oxygène gazeux à 110 bar, assez pour de nombreuses expériences.

ASTUCE: si vous voulez travailler avec précision, vous pouvez fabriquer à l'avance deux morceaux de carton, chacun avec un cercle découpé et remplir le ballon jusqu'à ce qu'il puisse juste passer au travers des cercles découpés: si nous considérons le ballon comme une sphère, vous pouvez calculer le contenu avec la formule $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$

Par exemple, si vous remplissez d'abord le ballon jusqu'à ce qu'il s'adapte parfaitement à un cercle de 14 cm de diamètre, le volume du ballon est de $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0.7 \text{ dm}^3 = 1,437 \text{ dm}^3$



Si nous voulons remplir davantage ce ballon avec 2 parties d'oxygène gazeux, le volume final est de $3 \times 1,437 \text{ dm}^3 = 4,311 \text{ dm}^3$

Vous pouvez alors facilement calculer que le diamètre requis pour votre deuxième cercle est de 20,2 cm. Pas tellement plus grand que les 14 cm que nous avons pour un ballon avec seulement 1/3 de ce volume!

Cependant, gardez à l'esprit que l'expérience fonctionne aussi bien avec un excès d'oxygène ; donc si un peu plus de 2 parties d'oxygène gazeux sont ajoutées, le gaz méthane brûlera également de manière explosive.

Besoin de plus d'informations?

En plus de ces manipulations, j'ai de nombreuses autres expériences sur le triangle du feu, les explosions de poussières, la densité et le point d'ébullition des gaz (ex: CO₂, butane,...), etc. Donc, si vous avez des questions sur la vidéo présentée ou si vous recherchez plus de tests, n'hésitez pas à nous contacter via patrik@spelenderwijzer.be ou 0473/640055.