

Traduction littérale des diapositives extraites de la vidéo.

(Sans relecture, ni amélioration du français, ni mise en page)

Importance du rapport molaire

Ceci est le document word accompagnant le plan de leçon qui appartient à une expérience sur l'importance du rapport molaire des substances de départ dans les réactions.

En enflammant un mélange gaz naturel-oxygène, contenu dans une bouteille en plastique on montre de manière impressionnante cet objectif d'apprentissage.

L'auteur mène cette expérience après avoir traité le concept de volume molaire. Dans une leçon de 45 minutes, les élèves démontrent, remplissent et vérifient leur hypothèse en « lançant ».



Bij welk percentage zuurstof reageert een aardgas-zuurstof-mengsel het heftigst ?

Komt de verhouding van volumepercentages zuurstof en aardgas overeen met de stoichiometrie bij de reactie tussen methaan en zuurstof ?

Science on Stage België
Jan Scheele – Johan de Witt-gymnasium Dordrecht (NL)

A quel pourcentage d'oxygène un mélange gaz naturel-oxygène réagit-il le plus ?

Le rapport des pourcentages volumiques d'oxygène et de gaz naturel correspond-il à la stoechiométrie dans la réaction entre le méthane et l'oxygène ?

1 Les images/contenus des diapositives du film explicatif

Le texte sur les diapositives vous fournit toutes les informations dont vous avez besoin pour exécuter cette expérience vous-même. La diapositive de contenu montre à quel moment de dans le film explicatif l'expérience commence. Ceci est également reconnaissable à la couleur orange du texte dans le film.

L'ensemble du film explicatif dure un peu plus de 20 minutes.

Les explosions peuvent certainement être réalisées de façon responsable. Dans tous les cas, lisez la diapositive 16.



1 00:38



2 00:30



3 01:19



4 00:53

Het belang van de molverhouding

Een indrukwekkend onderzoek naar stoichiometrie
bij de reactie tussen methaan en zuurstof.

Wat is er te zien??? ... En te horen!

Introductie

Vragen voor leerlingen

Het experiment

Overige bronnen

1 Introduction.

- Faire correspondre rapport molaire et stœchiométrie
- Volume Molaire
- Gaz naturel comme carburant
- Methane dans les missiles
- Distance parcourue
- Decibels
- Chacun le sait!

(dia 4): 2 Materiel

- Minimum 4 petites bouteilles de 0,5 L de coca ou similaire
- Des bouchons pour fermer les bouteilles hermétiquement
- De quoi annoter sur les bouteilles : papier collant, marqueur, .. ;
- Verre à pied de 500 mL
- Gaz naturel
- Oxygène
- Casque de protection pour les oreilles
- Lunette de securite
- Allume gaz (de cuisine)
- {Un mètre ruban (ou décamètre)}
- {Un sonomètre.}
- Et une espèce de grand espace de lancement (dia 5)

(dia 6) :Questions pour les élèves, - concepts chimiques.

- Quelle est la formule du méthane
- Ecrivez l'équation de réaction correspondante pour la combustion complète du méthane
- Quel est le rapport massique idéal oxygène/méthane
- Quel est le rapport volumique idéal oxygène/méthane ?
- Est-ce que n'importe quel mélange méthane-air est explosif ?
- Quelle sont les possibilités pour accélérer la réaction de combustion entre le méthane et l'oxygène ?
- Qu'est ce qui fait augmenter le volume lorsque le méthane est brûlé ?

(dia 7) Questions pour les élèves – Contextes actuels

- Que sont les carburants fossiles ?
- Quel est le composant principal du gaz naturel
- Qu'il y a-t-il en plus du méthane, dans le gaz naturel ?
- Quels appareils connais-tu qui utilisent du méthane comme carburant ?
- Pourquoi le gaz naturel est-il (encore) beaucoup utilisé comme carburant dans les maisons ?
- Pourquoi le gaz naturel est-il si peu utilisé comme carburant dans les voitures ?
- Pourquoi veut-on utiliser le méthane comme carburant dans les missiles ?
- Comment se fait-il que les missiles se déplacent ?

- Comment peux-tu mesurer le volume d'un gaz ?

(dia 8) A quel pourcentage d'oxygène un mélange gaz naturel-oxygène réagit-il le plus ?

Le rapport des pourcentages volumiques d'oxygène et de gaz naturel correspond-il à la stoechiométrie dans la réaction entre le méthane et l'oxygène ?

En een soort lanceerinstallatie in een grote ruimte. . .  5 00:56	Vragen voor leerlingen – scheikundige concepten • Wat is de formule van methaan ? • Geef de (kloppende reactievergelijking) voor de volledige verbranding van methaan ? • Wat is de ideale massaverhouding zuurstof : methaan ? • Wat is de ideale volumeverhouding zuurstof : methaan ? • Is elk mengsel van methaan en lucht explosief ? • Welke mogelijkheden zijn er om de verbrandingsreactie tussen methaan en zuurstof te versnellen ? • Waardoor neemt het volume toe bij de verbranding van methaan ? 6 00:33
Vragen voor leerlingen – actuele contexten • Wat zijn fossiele brandstoffen ? • Wat is het belangrijkste bestanddeel van aardgas ? • Wat zit er, naast methaan, in aardgas ? • Welke apparaten ken je die methaan als brandstof gebruiken ? • Waarom wordt aardgas (nog) veel gebruikt als brandstof in huizen ? • Waarom wordt aardgas zo weinig gebruikt als brandstof in auto's ? • Waarom wil men methaan gebruiken als brandstof in raketten ? • Hoe komt het dat een raket zich verplaatst ? • Hoe kun je het volume van een gas meten ? 7 00:23	Bij welk percentage zuurstof reageert een aardgas-zuurstof-mengsel het heftigst ? Komt de verhouding van volumepercentages zuurstof en aardgas overeen met de stoechiometrie bij de reactie tussen methaan en zuurstof ?  8 01:13

Dia 9: Après que les élèves ont trouvé le bon rapport oxygène/gaz naturel, ils ont réalisé un film (en 960 images fps), bruit et explosion.

(dia 10) Le gaz dans la bouteille de plastique 1 : déterminer le volume.

- Pour pouvoir remplir partiellement la bouteille- missile dans les bonnes proportions volumiques, il est important d'en connaître le volume total.
- Etant donné que la bouteille à l'achat est remplie avec 0,5 L, le volume minimal sera de 500 mL
- Remplis la bouteille complètement d'eau.
- Verse toute l'eau dans un verre à pied.
- Mesure le volume d'eau dans le verre à pied.

(dia 11) Détermination du volume de la bouteille

(dia 12) Le gaz dans la bouteille de plastique 2 : déterminer le volume partiel.

Nadat leerlingen de juiste verhouding zuurstof : aardgas hadden gevonden, namen ze een film op in 960 fps – beeld, geluid en een explosie. . .  9 00:13	Gas in de plastic fles I: volume bepalen • Om gedeeltes van de raket-fles in de goede volumeverhouding te kunnen vullen, is het belangrijk om de totale inhoud te weten. • Aangezien de fles bij aankoop gevuld is met 0,5 L zal dit volume minimaal 500 mL zijn. • Vul de fles helemaal met water. • Giet al het water over in een maatcilinder. • Meet het volume van het water in de maatcilinder. 10 00:25
Het bepalen van het volume van de fles  11 00:55	Gas in de plastic fles II: deelvolumen afmeten • Om gedeeltes van de raket-fles voor een gedeelte met zuurstof te vullen, is het nodig om op de fles aan te geven welk gedeelte met dat volume overeenkomt. • Omdat de plastic fles bij het vullen ondersteboven gehouden wordt en we eerst met zuurstof vullen, meten we dit volume af. • Bereken 20% van het totaal volume van de raket-fles. • Meet dat volume af aan water (met maatcilinder of weegschaal). • Vul de fles met dat watervolume. • Markeer de waterhoogte in het flesje (met tape of stift). • Herhaal dit proces bij de andere flesjes voor 40%, 60% en 80%. 12 00:57

Dia 13: Mesure du volume d'oxygène dans la bouteille.

Dia 14 : Le gaz dans la bouteille 3 : remplir avec des gaz.

- Afin de pouvoir remplir avec le bon rapport de volume, il est important qu'il n'y ait pas d'air dans le tuyau d'alimentation. Ceci peut être réalisé en les laissant couler brièvement en dessous du niveau de l'eau.
- Rempli la bouteille-missile entièrement avec de l'eau et maintien la à l'envers dans un récipient d'eau. Lors de cette opération, la bouteille ne peut pas être vidée.
- Insère le tuyau du récipient à oxygène par l'ouverture dans la bouteille.
- Rempli la bouteille de plastique avec l'oxygène jusqu'à l'endroit marqué.
- Rempli de la même façon la bouteille avec du gaz naturel.
- Referme sous l'eau l'ouverture de la bouteille au moyen du bouchon.

Dia 15 :remplissage de la bouteille plastique avec les gaz.

Dia 16 : Le tir 1 :sécurité.

- Veille à ce que chaque personne présente, soit conscient d'un risque de dommages auditifs.
- Assure-toi que personne ne puisse entrer dans le couloir de la bouteille-missile.
- Veille à la présence d'extincteur.
- Veille à ce que chacun porte des lunettes de sécurité.
- Veille à ce que chacun se bouche les oreilles avec les doigts.

- Assure-toi que les personnes proches de celui qui tient l'allume-gaz porte un casque de protection sur les oreilles.
- Assure-toi que l'aire de lancement ne puisse pas se renverser.

Het afmeten van het volume zuurstof in de fles  13 ⌘ 01:19	Gas in de plastic fles III: vullen met gassen  • Om met de juiste volumeverhouding te kunnen vullen, is het belangrijk dat er in de toevoerslangen geen lucht zit. Dit kan bereikt worden door ze onder het waterniveau even te laten stromen. • Vul de raket-fles helemaal met water en hou ondersteboven in een waterbak – hierbij mag de fles niet leeglopen. • Voeg de slang van de zuurstoftank via de drinkopening de fles in. • Vul de plastic fles met zuurstofgas tot de maatgrens. • Vul op soortgelijke wijze de rest van de fles met aardgas. • Sluit onder water de opening van de fles met de dop of een stop. 14 ⌘ 00:50
Het vullen van de plastic fles met gassen  15 ⌘ 01:51	Het afschieten I: veiligheid  • Zorg dat iedereen die aanwezig is zich bewust is van de kans op gehoorschade. • Verzeker je ervan dat er niemand kan binnenlopen in de baan van de raket-fles. • Wees op de hoogte van de aanwezige blusmiddelen. • Laat iedereen een veiligheidsbril dragen. • Zorg dat iedereen de vingers in de oren houdt. • Zet gehoorbescherming op bij degene die de aansteker vasthoudt. • Verzeker je ervan dat de lanceerinrichting niet kan omvallen. 16 ⌘ 00:54

Dia 17 :Le tir 2 : l'expérience.

- Pensez à la quantité que vous allez mesurer pour déterminer quel rapport oxygène/gaz naturel est le plus explosif.
- Prépare le mètre ruban et le sonomètre.
- Veille à la sécurité
- Veille à une bonne répartition des tâches.
- Dispose la bouteille-missile sur l'aire de lancement.
- Retire le bouchon de la bouteille.
- Approche l'allume gaz près de l'ouverture.
- (L'allume gaz est préférable pour que chacun puisse profiter.

Dia 18 : 20% d'oxygène et 80 % de gaz naturel

Dia 19 : 40 % d'oxygène et 60% de gaz naturel

Dia 20 : 60 % d'oxygène et 40% de gaz naturel

Dia 21 : 80 % d'oxygène et 20% de gaz naturel

Het afschieten II: het experiment

- Bedenk hierbij welke grootheid je gaat meten om te onderzoeken welke verhouding zuurstof : aardgas het meest explosief is.
- Leg het meetlint/de decibelmeter klaar.
- Let op de veiligheid.
- Zorg voor een duidelijke taakverdeling.
- Leg het raket-flesje in/op de lanceerinrichting.
- Haal de dop/stop van het flesje af.
- Hou een brandende aansteker bij de opening.
- Kies voor een keukenaansteker, zodat iedereen geniet . . .

20% zuurstof en 80% aardgas

40% zuurstof en 60% aardgas

60% zuurstof en 40% aardgas

Dia 22: Les résultats:

- La distance parcourue dépend fortement du montage de lancement (angle/hauteur) ; veille en tous cas pour une distance de 20 m.
- La reproductibilité est en général un problème pour cette expérience.
- Il est très important ici de réaliser que le remplissage avec les gaz connaît une certaine imprécision.
- Ensuite, la bouteille -missile ne part pas toujours dans la même direction au moment de l'explosion.
- Le déplacement de la flamme et l'onde de choc dépend probablement de la manière aléatoire de mettre le feu.
- En théorie, l'intensité sonore dépend de l'endroit où le sonomètre est placé.
- En pratique, il semble que la sensation de l'intensité du bang par les participants est plus fiable que l'appareil lui-même.
- Les élèves ayant utilisé leur Smartphone comme sonomètre, ont atteint 100 dB
- Avec des bouteilles plus lourdes (par ex. les gourdes Doppler), l'expérience est moins spectaculaire (distance plus petite)
- Avec des bouteilles plus légères (p.ex. des bouteilles d'eau bon-marché), la trajectoire n'est pas rectiligne (déformation trop facile)
- Mais chaque point de mesure ne doit être réalisé qu'une seule fois pour faire comprendre aux élèves combien il est important de travailler avec les rapports molaires corrects des produits de départ.
- L'expérience avec 60 % d'oxygène et 40 % de gaz naturel dans la bouteille fonctionne le plus vite.

80% zuurstof en 20% aardgas



21 ★ 00:27

De resultaten

- De afgelegde afstand is sterk afhankelijk van de lanceeropstelling (hoek/hoogte) – zorg in ieder geval voor 20 meter lengte.
- Reproduceerbaarheid is in het algemeen een probleem bij deze proef.
- Heel belangrijk hierbij is dat het vullen met gasen een zekere onnauwkeurigheid kent.
- Daarnaast krijgt het raket-flesje niet altijd dezelfde richting mee bij de explosie.
- De verplaatsing van de vlam en schokgolf hangen waarschijnlijk af van de toevallige manier van het aansteken.
- De geluidssterkte is in theorie afhankelijk van de plaats van de decibelmeter. In de praktijk blijkt het gevoel voor de heftigheid van de knal bij de toehoorders betrouwbaarder dan een apparaat. Leerlingen die hun telefoon gebruiken als decibelmeter, halen zeker 100 dB.
- Met zwaardere flesjes (bijv. Dopper) is het experiment minder spectaculair (kleine afstand)
- Met lichtere flesjes (goedkope waterfles) krijg je zeker geen rechte baan (vervormt te makkelijk).
- Maar elk meetpunt hoeft maar één keer gedemonstreerd te worden om alle leerlingen duidelijk te maken hoe belangrijk het is om de juiste molverhouding van de beginstoffen te hebben.
- **Het experiment met 60% zuurstof en 40% aardgas in het flesje reageert het snelst.**

22 ★ 01:08

Onverwacht ?

- Als er slechts 20% zuurstof in de fles zit:
- De methaan brandt uitsluitend bij de opening.
- Het plastic bij de opening is verkleurd.
- Als er 40% zuurstof in de fles zit:
- De methaan brandt in de fles - geen explosie.
- De binnenkant van de fles is zwart geworden.
- Als er 60% zuurstof in de fles zit:
- Het flesje is onveranderd na de explosie.
- Naast de waarnemingen van de knal en het weggeschoten flesje voelt dit ook warm aan.
- Als er 80% zuurstof in de fles zit:
- Dan lijken de resultaten op die van 60%.
- Maar allemaal net wat minder heftig.



23 ★ 00:54

Twee experimenten vanuit een andere hoek



24 ★ 00:43

Dia 23 : Inattendu ?

- S'il y a seulement 20 % d'oxygène, dans la bouteille
 - Le méthane brûle exclusivement près de l'ouverture
 - Le plastique près de l'ouverture est décoloré
- S'il y a 40 % d'oxygène dans la bouteille,
 - Le méthane brûle dans la bouteille – pas d'explosion
 - L'intérieur de la bouteille devient noire.
- S'il y a 60 % d'oxygène dans la bouteille,
 - La bouteille est inchangée après l'explosion
 - En dehors de l'observation du bang et de la bouteille éjectée, celle-ci est chaude.
- S'il y a 80 % d'oxygène dans la bouteille,
 - ces résultats ressemblent à ceux obtenus avec les 60 %,
 - mais tout est moins intense.

Dia 24 : deux expériences d'un autre point de vue.

Overige bronnen

- Science on Stage België heeft aanvullende informatie: een word-document met een beschrijving en een film waarin extra's te zien zijn.
- Op internet is dit experiment te vinden met de zoektermen: royal society chemistry methane rocket

25 ☆ 00:44

De afsluiter

26 ☆ 00:59

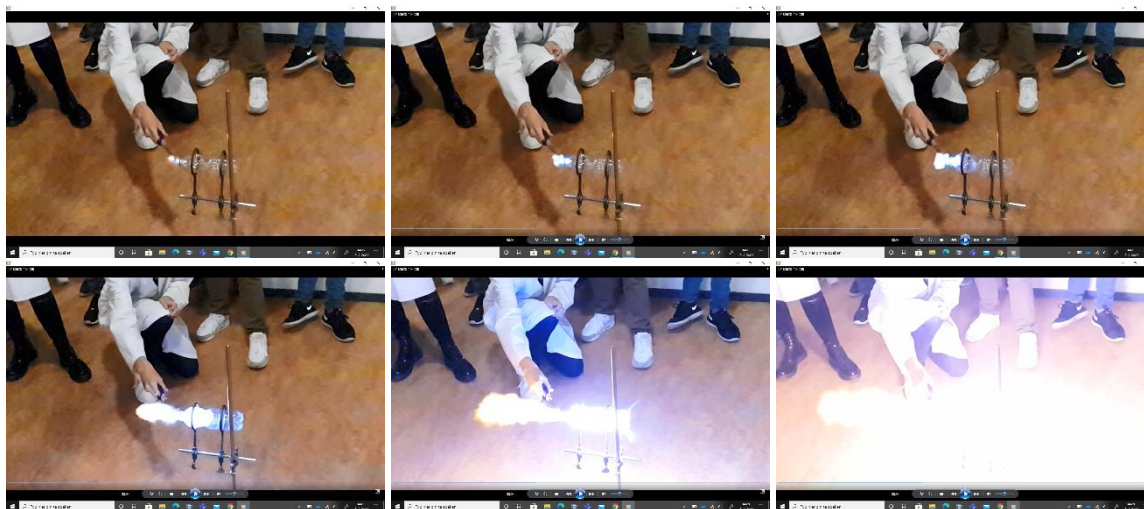
zuurstof: aardgas = 2:1 in de eerdere opstelling

27 ☆ 00:12

28 ☆ 00:02

2 Images supplémentaires

Vous trouverez ci-dessous les « Print Screen » les plus intéressants d'un film en 960 fps.





Et les inconvénients d'un autre type de bouteille de fusée.

Le court vol après le lancement d'une bouteille « lourde » :

Le vol raté après le lancement de vadrouille d'une bouteille « légère »

3 Correspondance :

Jan Scheele est joignable par e-mail j.scheele@jdw.nl et DoChem@live.nl