

STEM
TOR
NOOI

De Krachtige Ketting

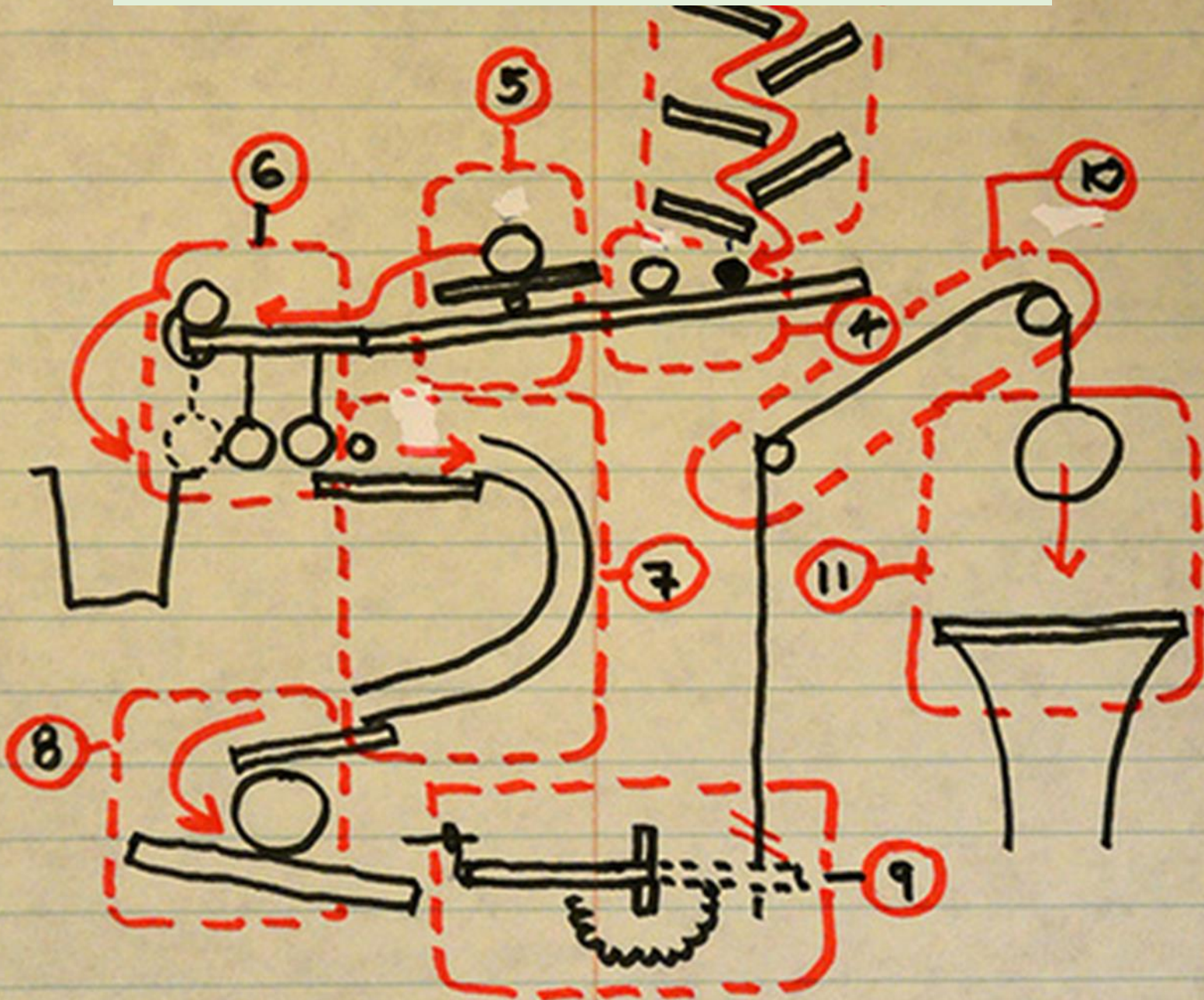
PROBLEEMSTELLING

We willen een bol laten rollen die zoveel mogelijk bewegingsenergie bevat.

Lijkt eenvoudig, niet? Niet volgens Rube Goldberg, een Amerikaanse cartoonist die een machine ontwikkelde om een heel eenvoudige opgave op een doordachte en creatieve manier op te lossen.

De bedoeling van deze opdracht is dat jullie een machine ontwikkelen waar je een knikker instopt en waar na een zekere tijd een bol uitkomt die tegen een plaat aanrolt waarbij de kracht wordt gemeten.

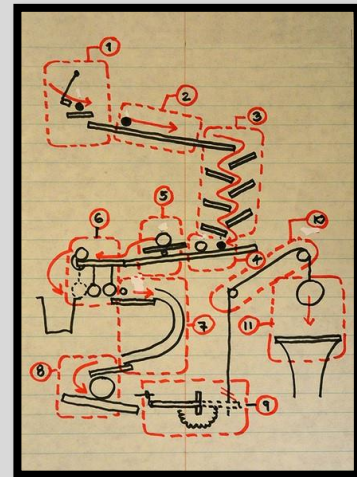
Aan jullie om een zo groot mogelijke kracht te bekomen.



OMSCHRIJVING OPDRACHT

Bij de wedstrijdopdracht 'De Krachtige Ketting' bedenken de leerlingen een Rube Goldbergmachine die op het einde een bol laat rollen die zo veel mogelijk bewegingsenergie bevat. Deze bol rolt tegen een drukplaat en die kracht dient zo groot mogelijk te zijn. In de Rube Goldbergmachine kunnen verschillende energievormen gebruikt worden om een zo groot mogelijke bewegingsenergie in de bol te bekomen. Deze bol moet horizontaal de Rube Goldbergmachine verlaten.

In deze lesactiviteit gaan de leerlingen nadenken over energie en energie-omzettingen: mechanische energie, potentiële energie, kinetische energie, thermische energie, Wat is potentiële en kinetische energie? Wat betekent het begrip energieomzetting? Wat betekent het begrip efficiëntie en hoeveel energie gaat telkens verloren bij een bepaalde energieomzetting? Wat is een kracht? Van wat is de grootte van een kracht afhankelijk? In wat wordt dit uitgedrukt? In wat wordt dit uitgedrukt? Wat is impuls? Van wat is impuls afhankelijk? Hoe kunnen we zorgen dat de impuls zo groot mogelijk is? (STEM1,2,3,4)



WERKVORMEN

- Klassikaal
- Groepjes van 3 à 4 leerlingen (STEM8)

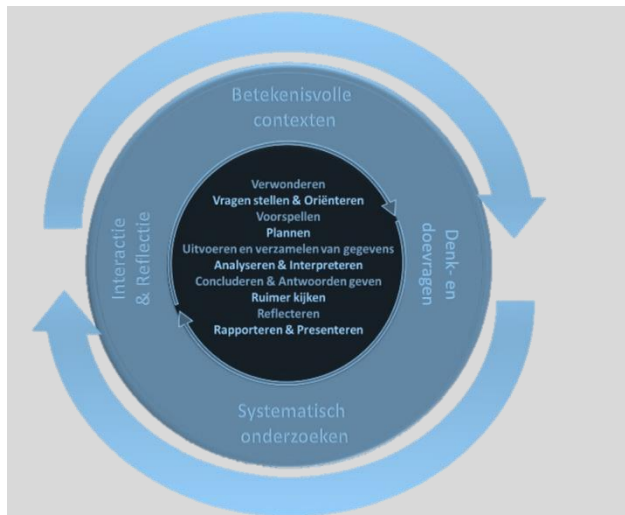
MATERIALEN

- Knikker (zie wedstrijdbrief)
- Bol (zie wedstrijdbrief)
- Hout
- Schroevendraaiers
- Schroeven
- Lijm
- Hamer
- Nagels
- PVC buizen
- Andere materialen

SPECIFICATIES OPDRACHT

Zie wedstrijdbrief.

ONDERZOEKEND EN ONTWERPEND LEREN



Wat is onderzoekend en ontwerpnd leren? (STEM9)

Onderzoeken en ontwerpen zijn verschillende werkwijzen. Onderzoekend leren is gericht op het vergroten van kennis door het doen van een onderzoek (vraag: hoe zit dat?), terwijl bij ontwerpnd leren het bedenken en maken van een product centraal staat (vraag: hoe maak ik iets beter?). Stel, je wilt een speedboot ontwerpen. Je moet dan eerst onderzoeken wat de beste manier van aandrijving is en welke materialen je nodig hebt voordat je een boot kunt gaan ontwerpen en maken. Dat is hier ook het geval, deze lesactiviteit is gericht op onderzoekend leren. De activiteit bereidt de leerlingen voor op de ontwerp opdracht van het STEM Tornooi .

FASE 1: VERWONDEREN

Vertel dat de leerlingen gaan deelnemen aan het STEM Tornooi met de uitdaging 'De Krachtige Ketting'. In deze fase introduceer je het onderwerp van de opdracht. Gebruik voorbeelden uit de praktijk. Vraag aan de leerlingen welke vormen van energie er bestaan. Hoe komt het dat wij niet zweven op de aarde? Welke kracht zorgt hiervoor? Wat hebben we daaraan in het dagelijks leven (STEM6,9,10)? Wat is potentiële en kinetische energie? Hoe kan ik een kleine kinetische energie vergroten? Je kunt hierbij gebruik maken van onderstaande video's. Vertel de leerlingen dat ze voor het STEM Tornooi zelf een machine zullen ontwerpen die dit zal realiseren, vermeld dat dit een 'Rube Goldbergmachine' heet (STEM9). Voordat de leerlingen aan de slag gaan met materialen, dienen ze eerst te welke energievormen er zijn en hoe deze kunnen worden omgezet (STEM2,3).

Inspiratie nodig?

[Filmfragment energie](#)

[Filmfragment potentiële energie](#)

[Filmfragment kinetische energie](#)

[Filmfragment energieomzettingen](#)

[Filmfragment Rube Goldberg machine](#)

App 'Pocket knikkerbanen' (gratis)

- [Google play store](#)
- [Apple store](#)

FASE 2: VERKENNEN (STEM1,2)

Nadat de leerlingen geïnteresseerd zijn geraakt, start het verkennen met de materialen. De leerlingen mogen in deze fase vrij experimenteren. Uit deze verkenning kunnen vragen ontstaan.

De leerlingen kunnen zich bijvoorbeeld afvragen welke energieomzettingen ze kunnen gebruiken. Dergelijke vragen dienen te worden omgezet in onderzoekbare vragen. De onderzoeksvraag kunnen de leerlingen zelf formuleren. Leerlingen die vastlopen, kun je helpen door samen bepaalde variabelen aan te wijzen en te benoemen. Zo kun je bijvoorbeeld vragen: 'Welke materialen kan je best gebruiken voor deze energieomzetting? Welke materialen hebben we ter beschikking? Welke ruimte hebben we ter beschikking?'

FASE 3: ONDERZOEK OPZETTEN (STEM3)

Tijdens deze fase laat je de leerlingen een plan bedenken voor een experiment om de onderzoeksvraag te beantwoorden. De onderzoeksvraag zou bijvoorbeeld kunnen zijn: 'Welke verschillende stappen kan ik maken om tot een zo groot mogelijke kracht te komen?'. De leerlingen maken met hun groepje een stappenplan van het experiment. Ze denken na over de variabelen die ze nodig hebben. De verschillende variabelen die ze kunnen gebruiken zijn:

1. De beschikbare ruimte
2. De beschikbare materialen
3. Het veranderen van bewegingsenergie naar een andere vorm van energie

FASE 4: ONDERZOEK UITVOEREN (STEM3)

Tijdens deze fase kunnen de leerlingen de volgende experimenten uitvoeren.

1. Experimenteren met het verkrijgen van een zo groot mogelijke kracht

De leerlingen gaan tijdens dit experiment onderzoeken hoe je tijdens de kettingreactie een kracht vergroot. Dit kan door gebruik te maken van verschillende energievormen. Welke energievormen zijn van toepassing voor dit experiment? Welke zijn realistisch met de beschikbare materialen? Welke energievormen/energieomzettingen kunnen bijdragen bij tot het vergroten van de kracht?

2. Experimenteren met tijd

De leerlingen gaan tijdens dit experiment onderzoeken hoe je een bepaalde tijd kan bekomen binnen de tijdslimiet.

FASE 5: CONCLUDEREN (STEM3,4,5)

De leerlingen gaan tijdens deze fase hun onderzoeksvraag beantwoorden. Wat is er precies gebeurd? Wat hebben ze ontdekt?

Vragen die je kunt stellen:

- Hoeveel energieomzettingen zitten er in jullie machine?
- Hoe zorgen jullie voor een zo groot mogelijke kracht?
- Hoeveel tijd heeft een bepaalde energievorm nodig? Duurt dit lang of kort, uren of seconden?

FASE 6: PRESENTEREN (STEM6,7,8)

Bij deze stap kunnen de leerlingen de gevonden resultaten met elkaar delen. Laat de groepjes bijvoorbeeld hun onderzoek presenteren aan de klas. De rest van de klas mag het groepje vragen stellen of reacties geven op het onderzoek. Stimuleer de leerlingen om kritisch naar de presentaties te luisteren.

FASE 7: VERDIEPEN EN VERBREDEN

(STEM3,4,5)

Laat de leerlingen de kennis die ze tijdens deze lesactiviteit hebben opgedaan toepassen binnen de wedstrijdopdracht. Laat ze onderzoeken hoe ze het meeste kracht verkrijgen op het einde van de kettingreactie.

Houd hierbij rekening met de wedstrijdcriteria.

VEEL SUCCES!

STEM Tornooi © 2020.

www.stemtornooi.be

DE UITDAGING

Bij de wedstrijdopdracht 'De Krachtige Ketting' bedenken de leerlingen een Rube Goldberg machine die op het einde een bol laat rollen die een zo groot mogelijke bewegingsenergie heeft. Deze bol rolt tegen een plaat waar een zo groot mogelijke kracht wordt gegeven op de plaat. Een aantal zaken moeten worden gerespecteerd tijdens het doorlopen van deze opdracht. Zo zijn de afmetingen van de volledige Rube Goldbergmachine beperkt. Ook het maximale gewicht per onderdeel is beperkt. De start van de kettingreactie is een knikker met een bepaalde massa die in een PVC buis rolt die 45° is opgesteld ten opzichte van de grond, zie bijlage voor een figuur ter verduidelijking. De knikker rolt uit de PVC buis (lengte zelf te bepalen) en start zo de eigen ontworpen kettingreactie. Stel dat de kettingreactie stilvalt, mag er in diezelfde poging terug herstart worden, dit neemt natuurlijk tijd van de poging in beslag. Om dit laatste geval te vermijden gaan de leerlingen nadenken welke energievormen ze kunnen gebruiken en hoe betrouwbaar deze zijn met betrekking tot het al dan niet stilvallen van de kettingreactie. Wat kan er voor zorgen dat de kettingreactie stilvalt? Hoe kan ik dit voorkomen? Als dit toch gebeurt, kan ik dan onmiddellijk terug starten voor een nieuwe poging? Het uiteindelijke doel is het laatste object van de kettingreactie uit de Rube Goldbergmachine te laten rollen op een krachtsensor, dit met een zo groot mogelijke kracht. De combinatie van de langst durende kettingreactie en de hoogste slagkracht wint (pluspunten voor originaliteit en thema, technische complexiteit, gebruik van verschillende materialen).

DE UITDAGING

Bouw een Rube Goldbergmachine waaruit horizontaal een bol rolt die een zo groot mogelijke kracht heeft.

TEAM (stem8)

Team van 3 à 4 leerlingen.

SPECIFICATIES

- De Ruimte maximum te benutten is 1,82 m³:
 - Maximum 1,22 m lang
 - Maximum 1,22 m breed
 - Maximum 1,22 m hoog
- De knikker die de kettingreactie start weegt 5,5 gram en heeft een diameter van 16,0 mm.
- Indien de kettingreactie stilvalt, mag er terug van bij start herbegonnen worden.
- Ieder team heeft 6 minuten om hun machine op te bouwen, pogingen te ondernemen en af te breken. Al de voorgaande zaken dienen dus te gebeuren in 6 minuten.
- Uit de kettingreactie moet een bol van max. 1 kg en een max. diameter van 8 cm rollen die naar en tegen de Vernier krachtsensor rolt die op zich de kracht zal registreren.
- Uit de Rube Goldbergmachine moet een bol komen met de onderkant van de bol op 30 cm boven de grond. De jury zorgt voor een verbinding dat 30 cm boven de grond staat tussen de uitgang van de machine en de drukplaat.

ACTIVITEITEN OP SCHOOL

Laat de leerlingen experimenteren met het bouwen van een prototype. Dit model wordt gebruikt om te experimenteren met het doorgeven van de ene energievorm aan de andere energievorm, te onderzoeken welke onderdelen praktisch gebruikt kunnen worden, ... Wat zal de eerste stap zijn nadat de knikker uit de PVC buis rolt? Van waar komt het verlies in een systeem en hoe te beperken?

Op school kan een zo groot mogelijke bewegingsenergie van de bol getest worden door bijvoorbeeld de bol zo ver mogelijk te laten rollen; hoe verder de bol rolt, hoe groter de bewegingsenergie. Indien dit te veel plaats inneemt, kan de bol op een helling zo hoog mogelijk worden gerold; hoe verder/hoger de bol rolt, hoe groter de energie.

Laat de leerlingen een papieren **logboek** maken waaruit blijkt welke activiteiten ze tijdens de voorbereidende lessen hebben ondernomen. Wat is het plan van aanpak? Welke zaken hebben ze uitgeprobeerd? Welke vragen hebben ze gesteld? Welke oplossingen werden door de leerlingen aangeleverd? Wat hebben ze eruit geleerd? Kunnen de leerlingen dat ook uitleggen? Het posterverslag kan een goed hulpmiddel zijn om met de leerlingen te reflecteren over hun individueel- en groepsproces en het eindproduct. Het **posterverslag** bevat tekeningen, foto's, oplossingen van STEM onderzoeksvragen, en een duidelijke weergave van het verloop van het (technisch) proces. Waar is de wiskunde toegepast (vb: onderzoek verschillende energievormen, energieomzettingen, verlies)? Kan er een antwoord gegeven worden over het maatschappelijk belang van dit onderzoek? Wat kan er nog beter?

MATERIALEN OP SCHOOL

- Bol met een massa van maximum 1 kg en een diameter van max. 8 cm.
- Gereedschappen en grondstoffen om een Rube Goldbergmachine te bouwen, bijvoorbeeld een universele tang, schroevendraaiers, PVC buis, hout, ...
- Knikker

DE SCHOOL NEEMT MEE NAAR DE WEDSTRIJD

- Een afgewerkte Rube Goldbergmachine voorzien van de PVC buis om de knikker in te laten rollen. De diameter van de PVC buis moet groter zijn dan de diameter van de knikker.
- Hou er rekening mee dat de Rube Goldbergmachine verplaatst moet kunnen worden van de tafels naar het wedstrijdgedeelte.
- Een bol met een massa van max. 1 kg en een diameter van max. 8 cm.
- Reservemateriaal om eventuele schade zelf te kunnen herstellen.
- Het logboek met alle voorbereidingen.
- Het papieren posterverslag van het verloop van de voorbereidingen op school (verplicht!). (stem7)
- Er hoeft geen projectie meegebracht te worden.

DE ORGANISATIE ZORGT VOOR

- Een plaats waar de opstelling van de deelnemers kan worden geplaatst.
- Een knikker
- Chronometer.

VERLOOP VAN DE WEDSTRIJD

Na de aankomst op de wedstrijdlocatie (Technopolis) gaat het team en zijn begeleiders naar de tafel waar hun deelnamenummer ligt. Samen met de begeleiders leggen de leerlingen de meegebrachte materialen, het poster verslag en de logboek klaar. Er is geen mogelijkheid om de poster op te hangen!

Nadat de jury met een duidelijk signaal (stem7) de wedstrijd officieel heeft geopend, trekken de begeleiders zich terug. De wedstrijd bestaat uit twee delen. De beoordeling van de jury en de praktische proef. De jury gaat bij elk team langs om de opdracht met de leerlingen te bespreken, met behulp van de poster, het logboek, en de uitvoering van de opdracht te beoordelen (7 min.). Hierbij noteert de jury haar indruk over de wijze waarop de leerlingen op school aan de opdracht hebben gewerkt en hoe de begeleider de leerlingen hierbij heeft begeleid en leiding heeft gegeven aan het leerproces. De jury bepaalt haar oordeel over de creativiteit en originaliteit van het gekozen ontwerp van het voertuig en maakt daar een aantekening van. Er komen 2 jury's langs, telkens voor max. 7 min. Na of voor de beoordeling van de jury, afhankelijk van de planning, wordt de praktische proef gehouden. De teamleden zetten de volledig opgebouwde Rube Goldbergmachine op de wedstrijdplaats. De machine moet dus te verplaatsen zijn. Op het teken van de jury start een jurylid de kettingreactie door een knikker in de PVC buis te laten rollen. De jury start de tijdmeting als de knikker wordt losgelaten en stopt die als de bol de druksensor aanraakt. Als de kettingreactie stilvalt, mag er terug van bij de start herbegonnen worden. Als de kettingreactie niet stilvalt, mogen er meerdere pogingen ondernomen worden. Er dient wel rekening gehouden te worden met de tijd. Het opzetten, pogingen ondernemen voor de wedstrijd en afbreken moet gebeuren in 6 minuten.

WAT MAG WEL EN WAT MAG NIET?

- Er mag geen elektriciteit of brandstof gebruikt worden.
- Er mogen geen kant-en-klare Rube Goldbergmachines gebruikt worden.
- Er moeten twee pogingen worden ondernomen: één poging in de voormiddag, één in de namiddag. Bij de tweede poging moet dezelfde 'Krachtige Kettingmachine' gebruikt worden. Het beste resultaat telt.
- Er moet een door de leerlingen gemaakte poster en logboek aanwezig zijn.
- De begeleiders moeten zich terugtrekken en zich onthouden van het geven van aanwijzingen tijdens de officiële wedstrijd en voorstelling.
- De objecten in de 'Krachtige Kettingmachine' mogen maximaal 1 kg per object wegen.
- De kettingreactie mag maximaal 3 minuten duren.
- Als de kettingreactie langer dan 3 minuten duurt, is deze poging niet geldig.
- Binnen de 6 minuten mag onbeperkt worden herstart.
- Alles wat niet verboden is, is toegestaan.

WAT DOET DE JURY?

WAAR LET DE JURY OP?

Dit evenement kadert zich in een groter geheel van STEM. Dit kader is een referentiepunt waaraan STEM-praktijken moeten voldoen, bijgevolg ook dit evenement. STEM is de samenhang van exacte wetenschappen, technologie, toegepaste wiskunde en een luik "engineering". Het STEM-kader kan geraadpleegd worden in de bijlage. De jury zal bijgevolg ook de teams beoordelen op het STEM-kader.

- De jury noteert naar aanleiding van het gesprek (vraag gestuurd) met de leerlingen en de meegenomen poster en logboek haar bevindingen over de wijze waarop er gewerkt is (originaliteit, creativiteit...).
- De jury controleert of aan de wedstrijdvoorwaarden is voldaan.
- De jury meet de tijd tussen de start van de kettingreactie, wanneer de knikker wordt losgelaten, en het moment wanneer de bol de druksensor raakt.
- Daarna beoordeelt de jury de tweede poging met dezelfde Rube Goldbergmachine. De beste poging telt.
- De volgende puntenverdeling is geldig:
- De punten worden berekend op:
 - A) De langst durende kettingreactie (maximum tijd = 3 minuten) (8/20 punten).
 - B) De hoogste slagkracht op het einde van de kettingreactie (8/20 punten).
 - C) Originaliteit/Thema/Technische complexiteit/Gebruik van verschillende materialen (4/20 punten).

WIE WINT?

De gouden, zilveren en bronzen prijs gaan naar de teams die de grootste kracht geven op de druksensor, de meeste technische complexiteit gebruiken/originaliteit, het dichtst bij de 3 minuten aanleunen qua tijdsduur **en** het best voldoen aan de 10 STEM criteria. Creativiteit (**stem3**) en originaliteit (**stem10**) zijn eveneens belangrijk. Alsook het posterverslag, het logboek en de voorstelling aan de jury spelen een belangrijke rol bij de beoordeling van de STEM-kwalificaties.

VRAGEN?

Lees eerst het wedstrijdreglement op de wedstrijdbrief.

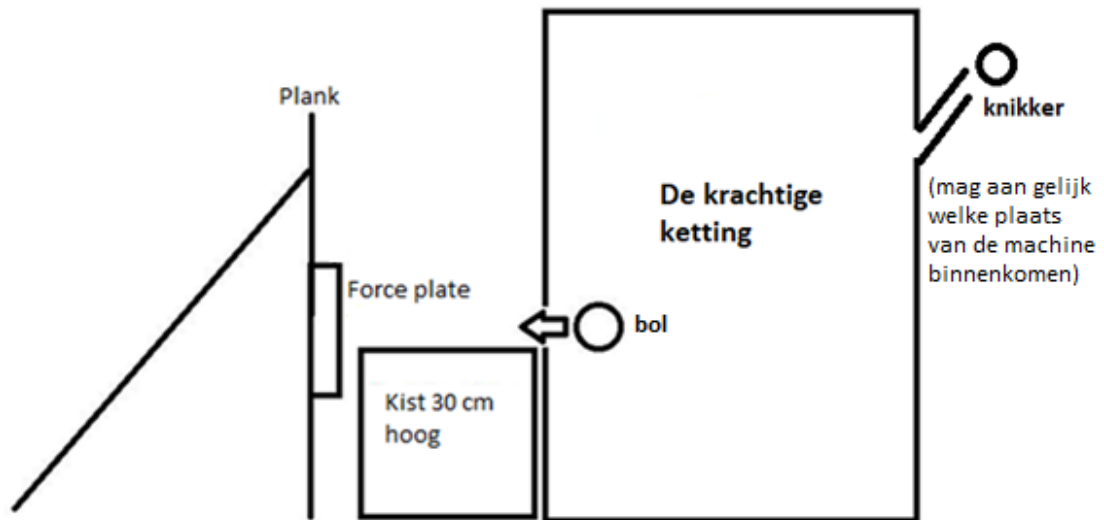
Lees de FAQ-pagina op de website van www.stemtornooi.be

Vragen over 'De Krachtige Ketting' waarop de website het antwoord niet verschaft, kunnen worden gericht aan bert.deseine@vives.be

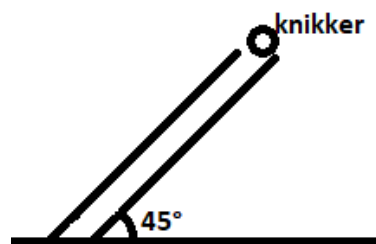
VEEL SUCCES EN PLEZIER MET DE WEDSTRIJDOPDRACHT!

STEM Tornooi © 2020.

www.stemtornooi.be

Bijlagen:**Uitgang van de Rube Goldbergmachine****Initialisatie knikker**

Gebeurd onder 45° ten opzichte van de grond, zie onderstaande figuur.

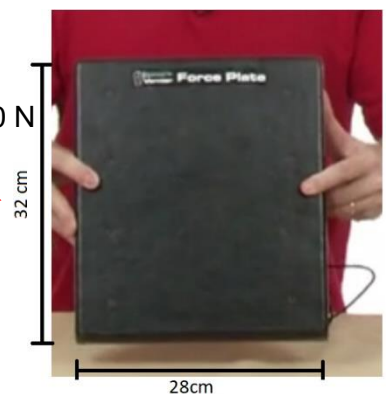
**Vernier krachtsensor**

De slagkracht wordt gemeten met de Vernier FP-BTA:

<https://www.vernier.com/products/sensors/force-sensors/fp-bta/?search=force%20plate&category=autosuggest>

Technische specificaties:

- A) Maximale te meten kracht op de drukplaat: 3500 N
- B) Maximale kracht zodat er geen beschadiging komt aan de plaat: 4500 N
- C) Afmetingen: 28 cm/32 cm/5 cm dik
 - De plaat wordt ook zo geplaatst op het STEM Tornado



Bijlage: STEM-kader

STEM zet in op de volgende dimensies en principes:

1. Interactie en samengaan van de aparte STEM-componenten van het letterwoord met respect voor de eigenheid van elke component.
2. Probleemoplossend leren via toepassen van STEM-concepten en -praktijken.
3. Vaardig en creatief onderzoeken en ontwerpen.
4. Denken, redeneren en modelleren en abstraheren.
5. Strategisch toepassen en ontwikkelen van technologie.
6. Inzicht verwerven in de maatschappelijke relevantie van STEM.
7. Verwerven en interpreteren van informatie en communiceren over STEM.
8. Samenwerken in teamverband.
9. STEM als drager van 21^{ste}-eeuwse competenties
10. STEM en innovatie

Deze dimensies en principes worden ook beoordeeld tijdens het STEM Tornado. Alle informatie over het STEM-kader voor het Vlaams Onderwijs (principes en doelstelling) kunt u [hier](#) raadplegen.