

DRAADLOZE MOTION+ CART W54

GEBRUIKERSHANDLEIDING



cma-science.nl

Korte beschrijving

De CMA Wireless Motion+ cart is een duurzame aluminium meetwagen met lage wrijving, ontworpen voor natuurkunde experimenten. Deze smart cart kan worden gebruikt om beweging, krachten en energie te bestuderen. De Motion+ cart is voorzien van ingebouwde sensoren die de positie, snelheid, versnelling, hoeksnelheid en toegepaste kracht van de kar in realtime meten. De Cart maakt gebruik van Bluetooth-communicatie om de gemeten gegevens te verzenden. Om de slimme meetwagen te gebruiken, heb je de Coach software nodig.

De Motion+ Cart wordt geleverd met diverse accessoires:

- Een haak om trekkrachten te meten
- Een bumper voor botsingsexperimenten of het meten van duwkrachten
- Vier magneten (2 x 10 mm en 2 x 3 mm) die in de kar geplaatst kunnen worden voor elastische botsingen
- Zelfklevende klittenbandrondjes (15 mm)
- Mini imbusleutel voor het losdraaien van de magneethouders
- USB-A/C-kabel voor het opladen van de batterij

De Cart kan zelfstandig worden gebruikt of in combinatie met CMA Dynamic Track rails, die apart moet worden besteld. (Itemnr. W54TRACK).

Onderdelen van de Motion+ meetwagen

De onderstaande diagrammen tonen de verschillende componenten van de sensor. Lees verder om meer te weten te komen over de functie van elk onderdeel.



- ① **Aan/uit-knop:** Schakelt het apparaat in en uit.
- ② **Batterijstatus-led:** De rode led brandt tijdens het opladen via de USB-poort.
- ③ **USB-poort:** Alleen voor aansluiting op een computer om op te laden.
- ④ **Status LED:** Geeft de Bluetooth-modus aan: knippert blauw in de Windows modus (Bluetooth Classic) en wisselt blauw en rood af in de BLE-modus (compatibel met Android, iOS en macOS).
- ⑤ **Veerplunjer:** De Cart heeft een sterke veerplunjer voor botsingen. Druk deze in en til hem lichtjes op om hem in een van de twee posities te vergrendelen.
- ⑥ **Ontgrendelingsknop plunjer:** Druk op de knop om de krachtige veer los te laten.
- ⑦ **Bevestigingspoort:** Voor het bevestigen van een haak of bumperaccessoire.
- ⑧ **Magneethouders:** Magnetten kunnen in de compartimenten worden geplaatst

om afstoting tussen twee karren te creëren.

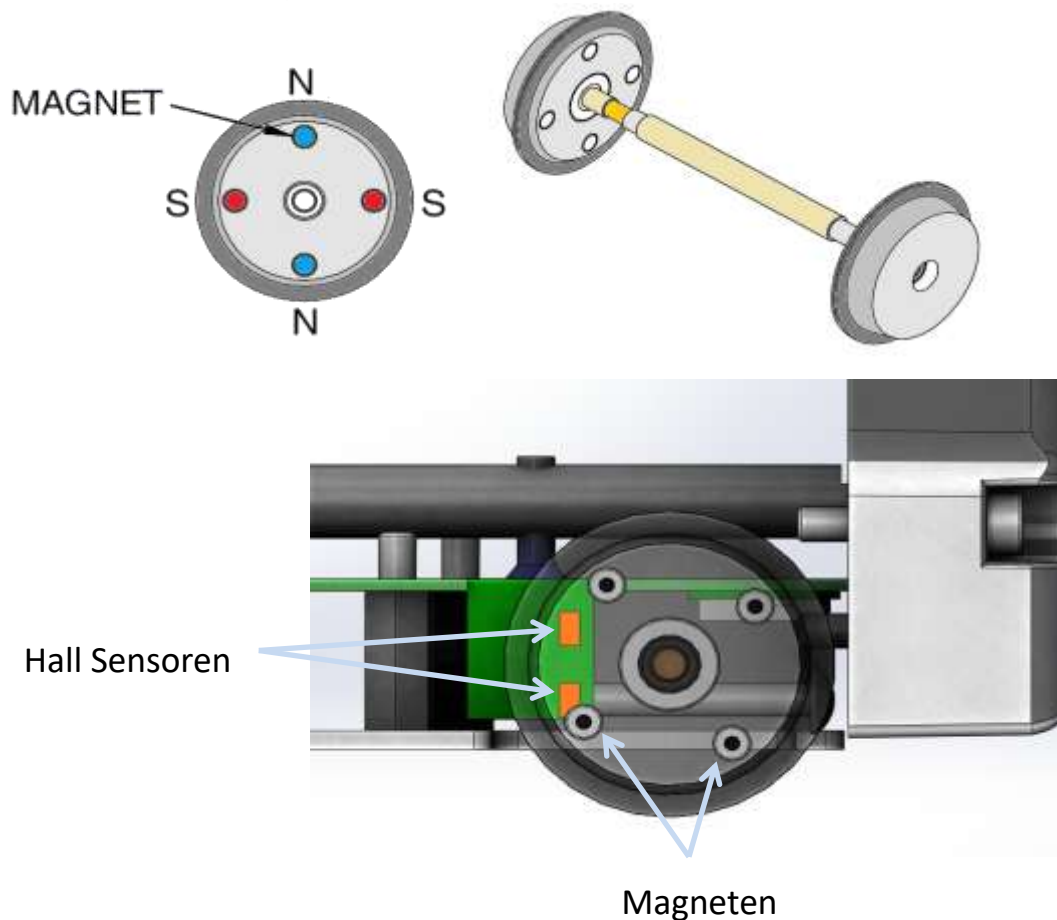
De Motion+ Cart sensoren

De ingebouwde sensoren in deze draadloze meetwagen zijn:

- Magnetische rotatie-encoder,
- Krachtsensor,
- 3-assige versnellingsmeter
- 3-assige gyroscoop

Magnetische rotatie-encoder

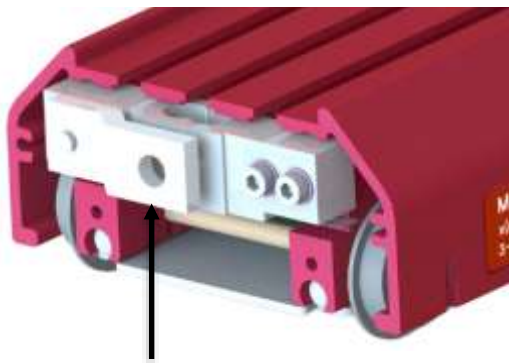
Elk wiel van de meetwagen is uitgerust met vier kleine ronde magneten, geplaatst op een afstand van 90 graden met afwisselende polariteit. Hall-sensoren detecteren de magnetische veldsterkte bij elke rotatiepositie van het wiel, waardoor de encoder de rotatiehoek van het wiel kan meten. Dit proces stelt het systeem in staat de positie van de cart te volgen met een resolutie van 0,5 mm en een maximale snelheid van 3 m/s. De encoder werkt door de magnetische veldgegevens om te zetten in elektrische signalen, die vervolgens worden gedecodeerd om de exacte positie en snelheid van de kar te bepalen.



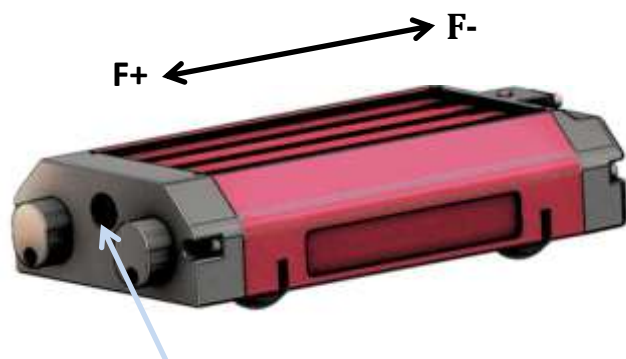
Krachtsensor

De krachtsensor maakt gebruik van rekstrooktechnologie om kracht te meten. Rekstrookjes zijn aan beide zijden van een flexibele balk bevestigd. Wanneer de balk

door kracht buigt, verandert de weerstand in de rekstrookjes. Deze veranderingen veroorzaken spanningsvariaties, die een digitale processor gebruikt om de kracht nauwkeurig te berekenen. De sensor heeft een meetbereik van -100 tot 100 N. Hij meet zowel duw- als trekkrachten in de richting waarin de kar beweegt. Gebruik de haak voor trekkracht en de bumper voor duwkracht. Stel de sensor niet bloot aan sterke schokken of krachten boven 100 N, aangezien deze de sensor permanent kunnen beschadigen.



Weegcel met rekstrookje

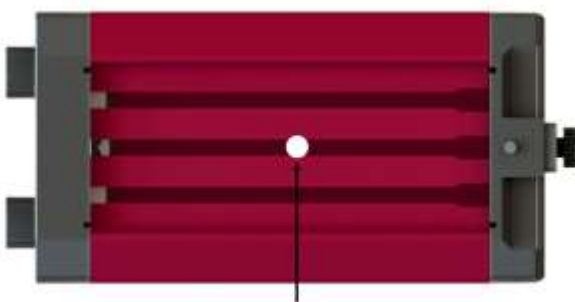


Poort om haak of bumper te bevestigen

Om de bumper of haak te bevestigen, schroef je de bevestiging in het schroefdraadgat aan de voorkant van de Motion+ Cart, zoals hierboven afgebeeld.

3-assige versnellingsmeter

De Motion+ Cart is voorzien van een ingebouwde 3-assige versnellingsmeter die de versnelling langs de X-, Y- en Z-as meet. De locatie van de sensor in de cart en de richtingen van de assen worden weergegeven in de onderstaande afbeeldingen. De accelerometer werkt binnen een bereik van -16 tot 16 g (-156,96 tot 156,96 m/s²), waarbij "g" de versnelling door de zwaartekracht weergeeft (9,81 m/s²).



Locatie van de versnellingsmeter



De drie assen zijn als volgt uitgelijnd:

- De X-as loopt langs de lengteas van de Motion+ Cart.
- De Y-as staat loodrecht op de bovenkant van de cart.
- De Z-as staat loodrecht op de lengteas van de cart en parallel aan het bovenoppervlak.

In de gegeven oriëntatie meet de versnellingsmeter:

- X-richting = 0 g
- Y-richting = 0 g
- Z-richting = -1 g

De netto versnelling wordt berekend als de vierkantswortel van de som van de kwadraten van de versnellingen van de componenten.

3-assige gyroscoop

De sensor meet de hoeksnelheid van de Motion+ Cart in drie richtingen: rond de X-, Y- en Z-as. De hoeksnelheid verwijst naar de snelheid waarmee de kar in elke richting draait en wordt gemeten in graden per seconde ($^{\circ}/s$). De sensor kan hoeksnelheden detecteren binnen het bereik van -500 tot 500 $^{\circ}/s$, wat overeenkomt met $\pm 83,3$ RPM (omwentelingen per minuut).



Dit wordt gedaan met behulp van een 3-assige gyroscoop, die veranderingen in hoekpositie detecteert door de snelheid te meten waarmee de oriëntatie van de meetwagen in de loop van de tijd verandert. Terwijl de Cart roteert, registreert de gyroscoop de hoekbeweging en vertaalt deze in elektrische signalen, die vervolgens worden verwerkt tot nauwkeurige metingen van de hoeksnelheid in elke richting. Dit maakt nauwkeurige monitoring van rotatiebewegingen mogelijk en helpt bij het bestuderen van rotatiedynamica en hoekbewegingen in natuurkunde experimenten.

Kalibratie

Alle sensoren in de Motion+ Cart worden geleverd met fabriekskalibraties, dus er is geen extra kalibratie nodig.

Aan het begin van een experiment geven de metingen van de ingebouwde krachtsensor, accelerometer of gyroscoop mogelijk geen nul aan, zelfs niet als er geen kracht, versnelling of hoeksnelheid is. Dit is normaal en kan worden gecorrigeerd door de sensoren op nul te zetten. U kunt dit doen met de optie **Instellen op Nul** in de Coach-software (klik met de rechtermuisknop op een sensordisplay en selecteer **Instellen op > Nul**). Je kunt de sensorkalibratie ook aanpassen met de optie **Instellen op Waarde** (klik met de rechtermuisknop op een sensordisplay en selecteer **Instellen op > Waarde...**), waarmee je de vooraf

gedefinieerde kalibratie kunt verschuiven naar een specifieke waarde.

Software

Je kunt de Motion+ sensor gebruiken met het programma Coach 7 of Coach 7 Lite (gratis) op computers (Windows en Mac) of de app Coach 7 en Coach 7 Lite (gratis) op mobiele apparaten (Android en iOS). Voor Chromebooks bieden we een speciale Android app. Ondersteuning voor draadloze sensoren is toegevoegd vanaf Coach versie 7.12.



https://cma-science.nl/downloads_nl

Raadpleeg de CMA-website voor de nieuwste installaties.

Selecteer de juiste Bluetooth modus voor jouw device

Voor mobiele apparaten (Android, iOS), Chromebooks en Macs maakt de Motion+ Cart gebruik van Bluetooth Low Energy (BLE). Deze apparaten hoeven niet gekoppeld te worden: je kunt de trolley gewoon rechtstreeks in Coach gebruiken. Voor Windows-computers wordt Bluetooth Classic gebruikt en moet de Cart eenmalig worden gekoppeld voordat je hem in Coach kunt gebruiken.

De Bluetooth-status LED geeft de huidige modus aan:

- LED knippert blauw: Bluetooth Classic - voor gebruik met Windows.
- LED knippert afwisselend rood en blauw: BLE-modus - voor gebruik met mobiele apparaten, Chromebooks en Macs.

Als jouw Motion+ Cart niet in de modus staat die compatibel is met jouw apparaat, kun je wisselen van modus door de aan/uit-knop ingedrukt te houden totdat de LED in de gewenste modus knippert en je een korte melodie hoort.

Metingen doen met Motion+ Carts

1. Schakel de Motion+ Cart in door op de aan/uit-knop te drukken. Er klinkt een kort geluidje.
2. Controleer of jouw Motion+ Cart in de juiste Bluetooth-modus staat door naar de status-LED te kijken. Zo niet, schakel dan over naar de juiste modus (zie uitleg hierboven). De Bluetooth-identificatiecode staat op een sticker aan de zijkant van de cart. Je hebt deze code nodig om de cart te identificeren wanneer je verbinding maakt via Bluetooth.
3. **Deze stap is alleen voor Windows-computers:** sla deze stap over als je Apple-computers, mobiele apparaten of Chromebooks gebruikt.

Je moet je cart koppelen voordat je deze kunt gebruiken in de Coach-software op Windows-computers:

- Ga naar **Windows Instellingen > Bluetooth en andere apparaten** en selecteer **Bluetooth of ander apparaat toevoegen**. Kies **Bluetooth-apparaat**.
- Windows zoekt naar Bluetooth-apparaten en geeft na een korte

- wachttijd een lijst met gedetecteerde apparaten weer. De draadloze sensoren worden weergegeven met hun Bluetooth-ID's.
- Selecteer de sensor waarmee je verbinding wilt maken. Controleer indien nodig de Bluetooth-ID van de sensor.
 - Zodra de verbinding tot stand is gebracht, geeft Windows aan dat de sensor is gekoppeld en klaar voor gebruik.
4. Start de Coach 7- of Coach 7 Lite-Software.
 5. Selecteer een meetactiviteit voor draadloze Motion+ Cart(s), bijvoorbeeld Dashboard > Meting > Tijdgestuurde meting met draadloze Motion+ Cart(s)
 6. Coach begint met scannen en toont een lijst met gedetecteerde Motion+ Cart(s).
 7. Selecteer de Motion+ Cart waarmee je verbinding wilt maken. Controleer indien nodig de Bluetooth-ID van de meetwagen, die op het label aan de zijkant staat. Let op: als de Motion+ Cart nog niet is gekoppeld aan de Windows-computer, vraagt Coach u om eerst de sensor te koppelen via de Windows-instellingen.
 8. Je kunt maximaal twee meetwagens tegelijk verbinden. De eerste verbonden Cart krijgt index A toegewezen en de tweede Cart index B
 9. Zodra de verbinding tot stand is gebracht, worden de waarden die zijn gemeten door de sensoren die in de Cart zijn ingebouwd, weergegeven in het paneel.
 10. Standaard worden alle Cart sensoren weergegeven in het paneel; Negen pictogrammen met hun gemeten waarden worden weergegeven: $x(m)$, $v(m/s)$, $F(N)$, $a_x(g)$, $a_y(g)$, $a_z(g)$, $\omega_x(^{\circ}/s)$, $\omega_y(^{\circ}/s)$ en $\omega_z(^{\circ}/s)$.
 11. Om het aantal weergegeven sensorwaarden in het paneel te beperken, klik je met de rechtermuisknop op het scherm en selecteert de optie Sensorselectie. In het dialoogvenster dat verschijnt, heeft elke sensor een schakelaar naast de naam waarmee je deze in het paneel kunt weergeven of verbergen. Je kunt deze instelling aanpassen voor elke aangesloten Motion+-kar. Je kunt het + teken naast de sensorschakelaar gebruiken om een omgekeerd teken toe te passen, waarmee u de tegenovergestelde richting van de standaardrichting selecteert.
 12. Bij gebruik van de tweede Cart moet de sensorselectie voor deze kar afzonderlijk worden gemaakt in tabblad B.

 -0.153 m	 0.000 m/s	 -1.38 N
 0.037 g	 -0.038 g	 -1.027 g
 -3.0 °/s	 -3.0 °/s	 5.6E-0044 °/s
 0.000 m	 0.000 m/s	 -0.27 N

Het paneel met alle sensoren die voor wagen A zijn geselecteerd en drie sensoren die voor wagen B zijn geselecteerd.

Werken met twee Motion+ Carts

Twee Motion+ Carts kunnen in diverse experimenten worden gebruikt om concepten zoals botsingen, impuls en krachtinteracties te onderzoeken.

Om botsingen tussen twee meetwagens te bestuderen, kun je de meegeleverde magneten gebruiken. Voor elastische botsingen moeten deze magneten zo worden geplaatst dat beide karren aan beide kanten dezelfde polariteit hebben. Dit zorgt ervoor dat de karren elkaar afstoten en nooit contact maken, wat resulteert in een bijna elastische botsing – in tegenstelling tot botsingen met veren of direct contact. Om de magneten te plaatsen, verwijder je eerst de schroeven van de ovale uiteinden van de kar en verwijder de bumpers. Plaats een magneet in elke magneethouder en zorg ervoor dat deze zo zijn georiënteerd dat ze de magneten in de andere kar afstoten. Plaats de bumpers met de magneten terug in de kar en draai vervolgens de schroeven weer vast. Test na montage of de magneten elkaar afstoten.

Als je de polariteit van de magneten omdraait, zullen de karren elkaar aantrekken in plaats van afstoten. Wanneer twee karren met tegengestelde magneetoriëntaties botsen, zullen ze bij een botsing aan elkaar blijven plakken. Met deze opstelling kun je inelastische botsingen bestuderen, waarbij de karretjes na de botsing aan elkaar blijven zitten in plaats van uit elkaar te stuiteren. Om dit te bereiken, plaats je de magneten eenvoudig in de bumpers, zodat de tegenoverliggende polen naar elkaar toe wijzen.

Een alternatieve methode om inelastische botsingen te bestuderen, in plaats van magneten te gebruiken, is om klittenbandblokjes aan de bovenkant van de ovale stekkers te bevestigen. Plaats het ruwe haakblokje op de linker stekker en het zachte lusblokje op de rechter stekker, zorg ervoor dat ze in het midden zitten. Zo kan elke kar met klittenbandblokjes aan elkaar vastplakken. Wanneer twee karretjes met klittenband tegen elkaar botsen, blijven ze aan elkaar vastzitten, waardoor een

volledig inelastische botsing ontstaat.

Batterij opladen

De sensor werkt op een interne oplaadbare batterij (Li-Poly 3,7 V, 700 mAh). Het batterijsymbool in de rechterbovenhoek van het scherm van de sensor geeft het batterijniveau aan. Als het batterijniveau kritiek wordt, geeft de batterijmeter een lege batterij aan. Gebruik de meegeleverde kabel om de sensor aan te sluiten op een USB-poort om hem op te laden. Een volledig ontladen batterij heeft tot 2 uur oplaadtijd nodig om weer volledig opgeladen te worden. Om de levensduur van de batterij te verlengen, wordt de sensor automatisch uitgeschakeld na 5 minuten inactiviteit.

Gebruik voor het vervangen van de batterij alleen de goedgekeurde oplaadbare batterijen die door CMA worden geleverd.

Praktische informatie

- Houd de ondergrond (vloer, track, rails) schoon; als deze vuil is, zullen de karretjes niet soepel rollen.
- Gebruik lage snelheden en lagere hellingen dan wellicht zou willen; de natuurkunde is hetzelfde en leerlingen hebben meer tijd om te observeren wat er gebeurt. Hoge snelheden zouden de Carts kunnen beschadigen.
- De magneten zijn ontworpen voor relatief lichte botsingen. Als het karretje te snel rijdt, kunnen de magnetische krachten ervoor zorgen dat het van de rails af rijdt. Probeer in dergelijke gevallen een lagere beginsnelheid voor het karretje te gebruiken.
- Om interferentie te voorkomen, bewaar de magneten uit de buurt van computers.
- Om veiligheidsredenen zijn Motion+ meetwagens zo ontworpen dat ze via de ophanging worden vergrendeld en niet bewegen bij overmatige belasting. Plaats dus geen hoge massa's bovenop de Carts.

Suggesties voor practicum met één Motion+ cart

- Bestudeer beweging door positie, snelheid en versnelling te meten
- Meet de versnelling op hellende vlakken om zwaartekracht en wrijving te onderzoeken
- De tweede wet van Newton: Onderzoek de relatie tussen kracht, massa en versnelling
- Meet de impuls en vergelijk deze met veranderingen in impuls
- De wet van Hooke: Gebruik een veer om verplaatsing te meten en de veerconstante te bepalen
- Bestudeer statische en kinetische wrijving op verschillende oppervlakken
- Onderzoek potentiële en kinetische energie door de kar een helling af te rijden
- Voer experimenten uit met door een veerplunjer geactiveerde kinetische en

potentiële energietransformaties

- Bestudeer cirkelvormige beweging door de kar aan een roterend platform te bevestigen

Suggesties voor practicum met twee Motion+ carts

- De derde wet van Newton: bestudeer actie- en reactiekrachten bij botsingen
- Voer botsingsexperimenten uit om impulsbehoud in elastische en inelastische botsingen te observeren en te berekenen
- Bestudeer hoe kinetische energie behouden of getransformeerd wordt bij verschillende soorten botsingen

Technische Specificaties

<i>Ingebouwde sensoren</i>	Magnetische rotatie-encoder Krachtsensor 3-assige versnellingsmeter 3-assige gyroscoop
<i>Meetbereiken</i>	Snelheid: -3 .. 3 m/s Kracht: -100 .. 100 N Vernelling (3 richtingen): -16 .. 16 g Hoeksnelheid (3 richtingen): -500 .. 500 °/s
<i>Resolutie</i>	Positie: 0,5 mm Kracht: 0,01N / 0,1N Vernelling: 0,001 g Gyroscoop: 0.1 °/s
<i>Sample frequentie</i>	100 Hz
<i>Massa per Cart</i>	500 g
<i>Accu</i>	Li-Poly oplaadbare batterij (3,7 V 1000 mAh)
<i>Levensduur van batterij na volledige lading</i>	Ongeveer 4 uur De levensduur van de batterij is afhankelijk van het gebruik, de configuratie, de temperatuur en vele andere factoren. De werkelijke resultaten kunnen variëren
<i>Verbinding</i>	Bluetooth 5, Low Energy (Mac, Android, iOS) Bluetooth 2.1, Classic (Windows)
<i>USB poort</i>	USB-C, alleen voor opladen batterij, geen verbinding
<i>Bluetooth ID</i>	W54 -xxx

Garantie:

De Motion+ Cart W54 is gegarandeerd vrij van materiaal- en fabricagefouten voor een periode van 36 maanden vanaf de aankoopdatum, mits gebruikt onder normale omstandigheden. Deze garantie geldt niet als de sensor is beschadigd door een ongeluk of door verkeerd gebruik. De sensorbatterij is een verbruiksartikel en is gegarandeerd vrij van defecten in materialen en vakmanschap gedurende een periode van 12 maanden vanaf de datum van aankoop.

Gooi batterijen weg volgens de lokale regelgeving.



Opmerking: Dit product is ontworpen voor educatieve doeleinden. Het is niet bedoeld voor industriële, medische, onderzoeks- of commerciële toepassingen.

Rev. 04/11/2025