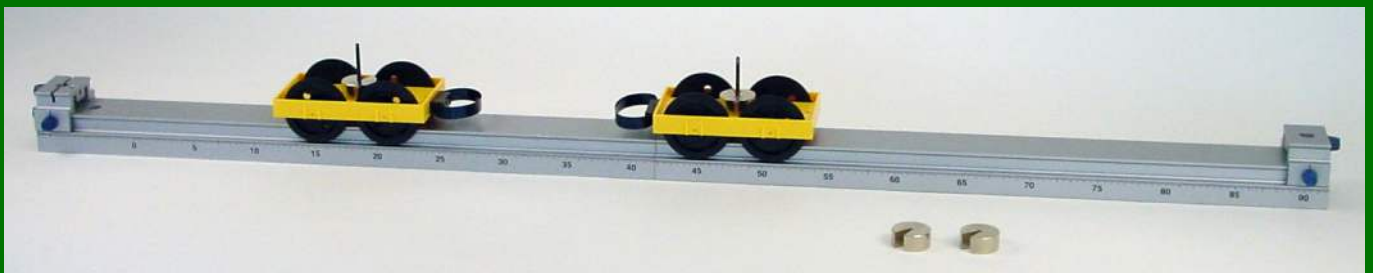


Leerlingexperimenten

HANDLEIDING **DYNAMICA** P9160-5J



INHOUDSOPGAVE

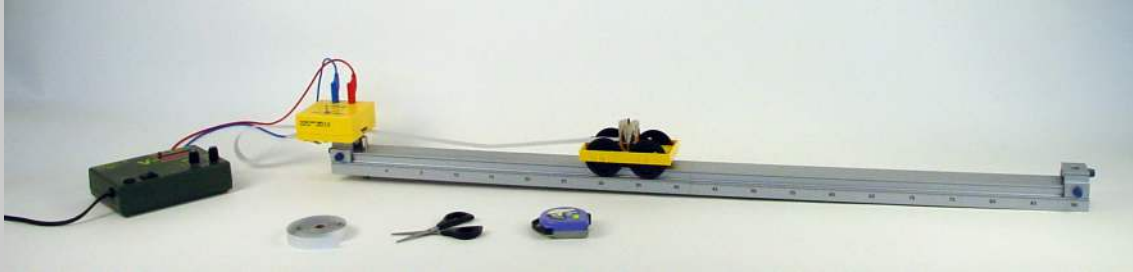
1. EENPARIGE BEWEGING.....	3
2. VERSNELDE BEWEGING.....	5
3. GEMIDDELDE EN MOMENTANE SNELHEID	7
4. EENPARIG VERSNELDE BEWEGING	10
5. VRIJE VAL	13
6. WETTEN VAN NEWTON.....	15
7. STOOT EN IMPULS.....	18
8. TRAAGHEIDSPROEVEN	20
9. POTENTIELE EN KINETISCHE ENERGIE	22

1. EENPARIGE BEWEGING

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Rails en optische bank,
- 2 x 50 cm
- 1x Koppelstuk voor rails, universeel
- 1x Statiefstang, rond, L = 60 mm, D = 10 mm
- 1x Meetkarretje
- 3x Massaschijf, 50 g
- 1x Glijklem met schroef
- 1x Rolmaat, L = 300 cm
- 1x Schaar
- 1x Tikkerband timer
- 1x Metaalpapier

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
- 1x snoertje, 75 cm, rood
- 1x snoertje, 75 cm, blauw



Het karretje van een kabelbaan of de T-balk van een skilift verplaatsen zich met constante snelheid. Een dergelijke uniforme beweging wordt onderzocht in dit experiment.

Voorbereiding:

Stel alles op zoals aangegeven in de afbeelding. De baan wordt op de tafel geplaatst en het karretje (met 3 massastukken met gleuven) wordt op de baan geplaatst. Het ene eind van de baan loopt licht omhoog (ong. 1,5 cm hoogteverschil) m.b.v. de ondersteuningsstaaf van 6 cm. Deze helling moet de weerstand compenseren. De tijdsindicator wordt aangesloten aan het oplopende gedeelte, terwijl het verplaatsbare zadel gemonteerd wordt aan het andere einde van de baan. Dit verplaatsbare zadel moet voorkomen dat het karretje van de baan raakt. Een strip van metaalpapier (ong. 1 m) wordt aan één kant met ongeveer 10 cm gebogen; dit einde wordt door de tickertape tijdmetr getrokken en vastgemaakt aan het karretje m.b.v. het plakband. Het andere einde van de tickertape wordt vastgemaakt aan de krokodillebek klem van de tickertape tijdmetr.

Een wisselstroom van 12 Volt wordt aangelegd op de tickertape tijdmetr. De tuimelschakelaar moet in het midden staan (de uit-stand). Het karretje wordt verplaatst naar de tickertape tijdmetr (de tape die door de tickertape tijdmetr loopt).

Als de hoogte-aanpassing correct is, zal het karretje niet weggrollen. Als het karretje lichtjes wordt geduwd, zal het op de baan gaan bewegen met een constante snelheid. Als het karretje afremt moet de wrijvingscompensatie (de hellingshoek) worden aangepast.

1. Experiment:

De tuimelschakelaar wordt op de positie van „100 ms“ gezet en het karretje wordt aangeduwd. Zodra het karretje het einde van de baan heeft bereikt wordt de ticker-tape tijdmetr weer uitgezet (tuimelschakelaar in middelste stand). Daarna wordt de strip uit de behuizing gehaald. De tickertape tijdmetr heeft markeerpunten getekend op de metalen strip bij elke tiende van een seconde.

Met behulp van een meetlint of een liniaal wordt de afstand tussen twee gemarkeerde punten van de tickertape gemeten. Zijn de afstanden gelijk?

Omdat het karretje ongeveer constant heeft bewogen zullen de afstanden tussen de gemarkeerde punten ongeveer gelijk zijn. Als de afstand tussen de gemarkeerde punten steeds kleiner wordt in de richting van het eind van de beweging, dan was er sprake van afremming van die beweging.

Het tweede experiment wordt uitgevoerd met het gemotoriseerde karretje.

2. Experiment:

De staaf van 6 cm die gebruikt is om het eind van de baan op te tillen wordt weggehaald. Het eerste experiment wordt herhaald, maar nu met het gemotoriseerde karretje. De snelheidsaanpassing wordt ongeveer in het middelste gedeelte van de baan uitgevoerd. De uiteindelijke meting van de tickertape wordt op dezelfde manier als in experiment 1 verricht.

De snelheid van het karretje wordt gedefinieerd door de afstand die wordt afgelegd in een tiende seconde:

$$v = s/t = \dots\dots\dots m/0,1s = \dots\dots\dots m/s$$

Conclusie:

Alle gemarkeerde punten op een tickertape hebben een gelijke afstand bij een eenparige beweging. Het karretje loopt met constante snelheid als het wrijvingseffect gecompenseerd wordt. De hellingshoek van de baan heeft de compensatie in dit experiment beïnvloed.

2. VERSNELDE BEWEGING

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

1x Rails en optische bank, 2 x 50 cm

1x Koppelstuk voor rails, universeel

1x Meetkarretje

1x Massaschijf, 50 g

1x Glijklem met schroef

1x Rolmaat, L = 300 cm

1x Schaar

1x Tikkerband timer

1x Metaalpapier

Aanvullende benodigdheden:

1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display

1x snoertje, 75 cm, rood

1x snoertje, 75 cm, blauw



In dit experiment beweegt het karretje zodanig dat er geen gelijke afstanden worden afgelegd in gelijke tijdsduren. Een dergelijke beweging heet „variabele beweging“.

Voorbereiding:

Stel de opstelling op zoals in de afbeelding aangegeven. Het karretje wordt op de baan geplaatst. De tickertape tijdmetr wordt aangebracht aan het einde van de baan. Het verplaatsbare zadel, dat zal voorkomen dat het karretje eraf rolt, wordt aan het andere einde van de baan bevestigd. Een strip metaalpapier (ongeveer 1 m) wordt ongeveer 10 cm voor het eind omgebogen en door de tickertape tijdmetr gevoerd en daarna vastgemaakt aan het karretje met een stukje plakband. Het andere einde van de tickertape wordt vastgemaakt aan de krokodillebek klem van de tickertape tijdmetr. Een wisselstroom van 12 Volt wordt toegepast door de tickertape tijdmetr. De tuimelschakelaar moet in de middelste stand staan (de uit-stand).

Experiment:

De tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr wordt op „100 ms“ gezet. Door dit te doen wordt het karretje handmatig over de baan verplaatst. De beweging moet zodanig worden opgebouwd dat de snelheid van het karretje eerst toeneemt en dan afneemt. Eerst wordt het karretje langzaam voortgetrokken, dan (voordat het middelste deel van de baan wordt bereikt) sneller en tenslotte weer langzaam.

Als het karretje het einde van de baan heeft bereikt wordt de tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr omgezet (uit-stand). Daarna wordt de tickertape uit zijn behuizing gehaald. Twee naast elkaar gemarkeerde punten (die aan het begin van de beweging gezet zijn) worden gekozen en hun onderlinge afstand wordt bepaald. Daarna worden twee gemarkeerde punten met een grotere tussenruimte genomen en ook hun afstand wordt gemeten. De tijd tussen twee gemarkeerde punten is altijd 0,1 seconde.

De snelheid wordt in beide gevallen berekend door middel van de gemeten afstand en tijd.

$$v_1 = s/t = \dots\dots\dots m/0,1s = \dots\dots\dots m/s$$

$$v_2 = s/t = \dots\dots\dots m/0,1s = \dots\dots\dots m/s$$

Conclusie:

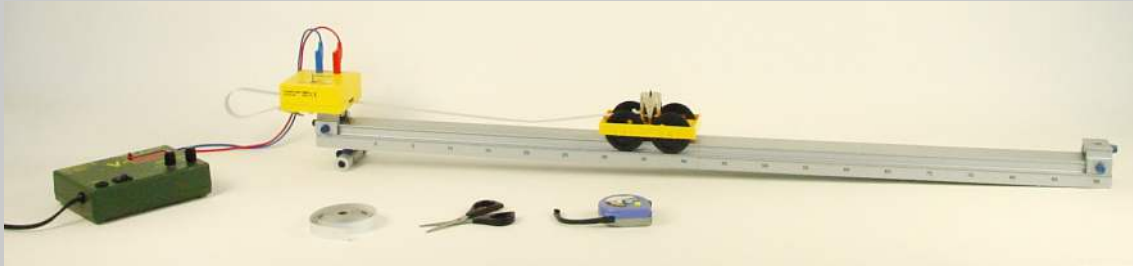
De afstand tussen gemarkeerde punten wordt steeds groter bij een versnelde beweging, terwijl de afstand tussen gemarkeerde punten kleiner wordt bij een vertraagde beweging.

3. GEMIDDELDE EN MOMENTANE SNELHEID

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Rails en optische bank, 2 x 50 cm
- 1x Koppelstuk voor rails, universeel
- 1x Statiefstang, rond, L = 60 mm, D = 10 mm
- 1x Meetkarretje
- 3x Massaschijf, 50 g
- 1x Glijklem met schroef
- 1x Rolmaat, L = 300 cm
- 1x Schaar
- 1x Tikkerband timer
- 1x Metaalpapier

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
- 1x snoertje, 75 cm, rood
- 1x snoertje, 75 cm, blauw



Als er wordt gezegd „Het karretje beweegt met 100 km/uur”, betekent dit dan werkelijk dat het een afstand van 100 km aflegt gedurende het eerstvolgende uur?

Het antwoord is 'nee', want 100 km/uur is de momentane snelheid. Als er wordt gezegd: „100 km kostte ons een uur”, dan betekent dit niet dat we met een constante snelheid van 100 km/uur reden. Het betekent dat de gemiddelde snelheid 100 km/uur was.

Voorbereiding:

Stel op zoals in de afbeelding. De baan wordt op de tafel geplaatst en het karretje (voorzien van 3 massaschijven met gleuven) wordt op de baan geplaatst. Het einde van de baan wordt geleidelijk omhoog gezet (ongeveer 3 cm) door middel van de staaf van 6 cm. De tickertape tijdmetr wordt bevestigd aan op het oplopende deel aan het ene einde. Zet vervolgens het glijzadel aan het andere einde van de baan vast om te voorkomen dat het karretje van de baan raakt.

Bevestig de strip van metaalpapier (1 m) met aan het eind een stuk van 10 cm dat gebogen wordt en door de tickertape tijdmetr heen wordt gehaald. Zet de strip vast met een stuk plakband. Het andere einde van de tickertape wordt met de krokodillebek klem vastgezet aan de tickertape tijdmetr. Een wisselspanning van 12 V wordt ingesteld op de tickertape tijdmetr. De tuimelschakelaar moet in de middelste stand staan (de uit-stand). Het karretje wordt verplaatst naar de tickertape tijdmetr (met de tickertape die door de tijdmetr heen loopt). Het glijzadel dat het karretje vasthoudt wordt vlak voor het karretje op de baan geplaatst. Het glijzadel wordt verplaatst naar het einde van de baan zodra het karretje wordt losgelaten.

Experiment:

Het glijzadel voor het karretje wordt verplaatst naar het einde van de baan. Het karretje houdt u met de hand tegen. De tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr past u aan naar „100 ms”. Het karretje rolt nu versneld, omdat de baan onder een hellinghoek staat. Aan het einde van de baan wordt het tegengehouden door het glijzadel. Zodra het karretje het eind van de baan heeft bereikt, zet u de tickertape tijdmetr uit (middelste stand van de schakelaar). Daarna haalt u de tickertape uit zijn behuizing. De vierde markering duidt u aan als startpunt van de volgende serie metingen (referentiepunt '0'). De volgende meetpunten noemt u 1,2,3 t/m8. Vervolgens worden de afstanden, die in de tabel staan gemeten en de gemiddelde snelheid voor elk interval wordt berekend door middel van de benodigde tijd.

De gemiddelde snelheid kan berekend worden door middel van de gegeven formule:
 $\text{snelheid} = \text{afstand} / \text{tijd}$

Referentiepunt afstanden vanaf 0,	interval,	gemiddelde snelheid
8 cm = m	0,8 s	 m/s
4 cm = m	0,4 s	 m/s
3 cm = m	0,3 s	 m/s
2 cm = m	0,2 s	 m/s
1 cm = m	0,1 s	 m/s

Het karretje versnelt, de snelheid neemt toe. Als de momentane snelheid voor de voortdurend afnemende intervallen wordt berekend, dan zien we dat de waarde van de momentane snelheid afneemt. We benaderen dan de momentane snelheid op het tijdstip dat het referentiepunt 0 is. Tenslotte wordt het gedeelte voor én na het referentiepunt 0 gemeten; de twee afstanden worden toegevoegd en gedeeld door 0,2 s, omdat het 0,2 seconden duurde voordat het karretje deze afstand had afgelegd. Zo kunnen we vaststellen dat de gevonden momentane tijd net zo precies is als door middel van de meetpunten.

De momentane snelheid ism/s.

De gemiddelde snelheid van het karretje voor de volledige afstand moet ook gemeten worden. De duur van de beweging wordt verkregen via het aantal meetpunten (aantal vermenigvuldigd met 0,1 s). De afgelegde afstand wordt verkregen door de afstand tussen het eerste en laatste referentiepunt op de tickertape te meten.

De gemiddelde snelheid is m/s.

Conclusie: De momentane snelheid kan berekend worden als de gemiddelde snelheid van een kleiner tijdsinterval.

4. EENPARIG VERSNELDE BEWEGING

Gebuurkte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Rails en optische bank,
- 2 x 50 cm
- 1x Koppelstuk voor rails, universeel
- 1x Statiefstang, rond, $L = 60 \text{ mm}$, $D = 10 \text{ mm}$
- 1x Kopstuk, rond, NTL
- 1x Meetkarretje
- 3x Massaschijf, 50 g
- 1x Glijklem met schroef
- 1x Rolmaat, $L = 300 \text{ cm}$
- 1x Schaar
- 1x Tikkerband timer
- 1x Metaalpapier

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
- 1x snoertje, 75 cm, rood
- 1x snoertje, 75 cm, blauw



We gaan de versnelling van het karretje op de hellende baan berekenen. De formule voor de afstand bij een eenparig versnelde beweging gaan we afleiden.

Voorbereiding:

Stel de spullen op volgens de afbeelding. De baan wordt op de tafel uitgezet en het karretje (met 3 massaschijven met gleuven) wordt op de baan geplaatst. De massa van het karretje is 200 g.

De staaf van 10 cm wordt in de cilindrische voet vastgezet. Het ene einde van de baan wordt omhoog gezet (ongeveer 6 cm) door middel van een staaf die als steun dient. De tickertape tijdmetr wordt vastgezet aan het omhoog gezette eind. Het glijzadel dat moet voorkomen dat het karretje van de baan afrolt bevestigt u aan het andere uiteinde van de baan. Een strip van metaalpapier (ongeveer 1 m) wordt 10 cm voor het eind gebogen, dit einde wordt door de tickertape tijdmetr gehaald en vastgezet met plakband. Het andere uiteinde van de schrijfstip wordt vastgemaakt aan de krokodillebek klem van de tickertape tijdmetr. Een wisselspanning van 12 V wordt gekozen op de tickertape tijdmetr. De tuimelschakelaar moet in de middelste stand staan (de uit-stand). Het karretje wordt in een rechte lijn bewogen tot aan de tickertape tijdmetr (terwijl de tickertape door het apparaat wordt gevoerd). Een glijzadel wordt direct voor het karretje op de baan geplaatst. Dit glijzadel wordt naar het eind van de baan geduwd zodra het karretje wordt losgelaten.

1. Experiment:

Het glijzadel voor het karretje wordt verplaatst naar het einde van de baan. Het karretje houdt u met de hand tegen. De tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr past u aan naar „100 ms“. Het karretje rolt op versnelde wijze omdat de baan onder een hellinghoek staat. Aan het einde van de baan wordt het tegengehouden door het glijzadel.

Dan zet u de tickertape tijdmetr uit (middelste stand van de schakelaar). Daarna haalt u de tickertape uit zijn behuizing. De afstanden tussen de referentiepunten op de tickertape worden gemeten en vastgelegd. Deze afstanden corresponderen met de afgelegde baanafstand in tiende seconden. De afstanden nemen eenparig toe.

Toename van baanafstand per tiende seconde: mm = m

Om de versnelling te berekenen moet u het volgende overwegen:
de snelheidstoename kan worden gedefinieerd als de toename van de baanafstand per tijdsinterval.

Het tijdsinterval is 0,1 seconde.

Voor de versnelling (a) geldt:

$$a = \Delta v / \Delta t = \Delta(\Delta x / \Delta t) / \Delta t = \Delta^2 x / (\Delta t)^2 \quad : \text{ omdat } s = \Delta x.$$

$$(\Delta t)^2 = 0,1^2 \text{ s}^2 = 0,01 \text{ s}^2$$

Dus de gewijzigde baanafstand moet gedeeld worden door 0,01 of vermenigvuldigd met 100.

De eenparige versnelling is m/s².

2. Experiment:

Het experiment wordt herhaald, maar deze keer wordt de tuimelschakelaar in de „10 ms“ positie gezet. Zodoende ontstaat een referentiepunt op elke honderdste seconde. In het begin staan de markeringen heel dicht bij elkaar. Probeer de eerste 10 markeringen zo precies mogelijk te tellen.

(Begin met „1“ omdat de eerste markering niet precies bij het begin van de beweging gezet kan worden, maar pas later!).

Vervolgens tel je elke tiende markering en zodoende bepaal je de baanafstanden per tiende seconde (10 · 10 ms = 0,1 s). De totale baanafstand wordt vanaf het begin gemeten (bijv. 5, 19,

42, 84 mm, enz. Eerst worden de waarden omgezet in meters) en dan gedeeld door het kwadraat van de tijd (0,01; 0,04; 0,09 seconden, enz.).

Correleren alle ratio's met de versnelling?

tijd t (in s)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
t ² (in s ²)	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49

totale baanafstand (in mm)	...	...	...	...	...	...	...
(in m)	...	...	...	...	...	...	...
s/t ²	...	...	...	...	...	...	...

Conclusies:

In de rij s/t², ziet u dat s/t² gelijk is aan de helft van de versnelling.
De formule voor afstand bij een versnelde beweging, wordt dan:

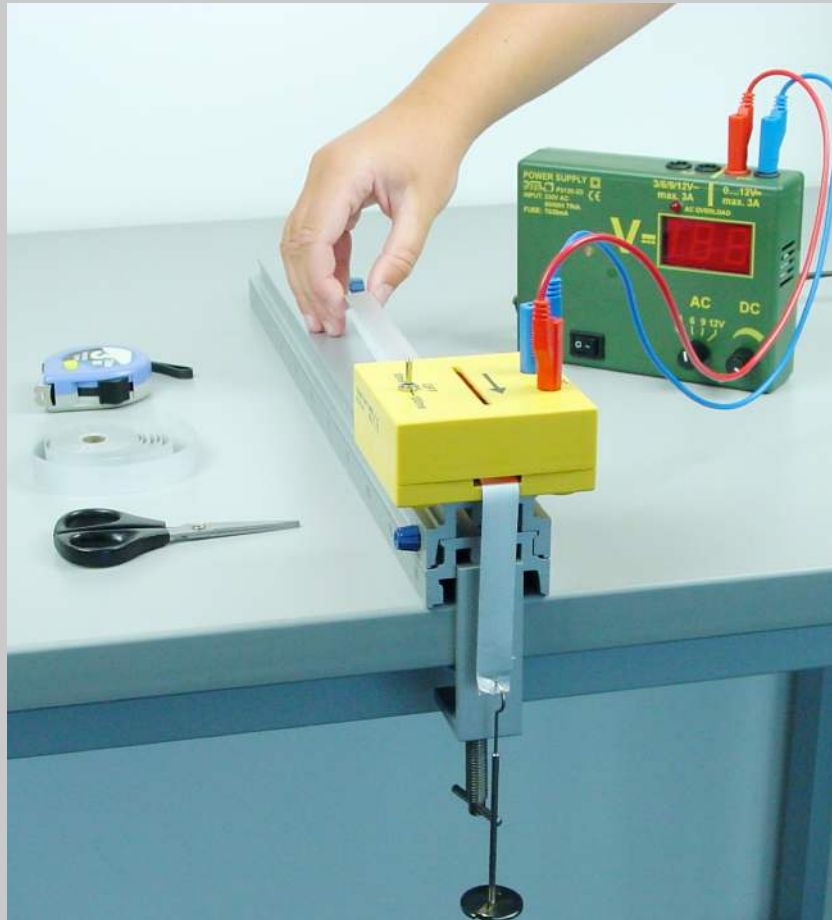
$$s = (a \cdot t^2) / 2$$

5. VRIJE VAL

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Rails en optische bank,
- 2 x 50 cm
- 1x Houder voor massaschijven, 10g
- 1x Rolmaat, L = 300 cm
- 1x Schaar
- 1x Tikkerband timer
- 1x Metaalpapier

- Aanvullende benodigdheden:
- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
 - 1x snoertje, 75 cm, rood
 - 1x snoertje, 75 cm, blauw



De vrije val is een eenparig versnelde beweging. We gaan deze valversnelling bij een vrije val meten.

Voorbereiding:

Stel alles op zoals aangegeven in de afbeelding. De tickertape tijdmetr wordt vastgezet aan de staaf. Een strip van metaalpapier (ong. 1 m) wordt aan één kant met ongeveer 10 cm gebogen, dit einde wordt door de tickertape tijdmetr getrokken en vastgemaakt aan het karretje terwijl het andere eind wordt vastgemaakt aan de krokodillen bek klem van de tickertape tijdmetr. Een wisselspanning van 12 Volt wordt aangezet op de tickertape tijdmetr. De tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr moet in de middelste stand staan.

Druk het einde van de tickertape door de tickertape tijdmetr (die iets korter is door het gebogen gedeelte). Daarna wordt het hangende gewicht bevestigd aan de tickertape m.b.v. een stuk plakband. De tickertape houdt u met de hand strak. Het hangende gewicht moet over de hoek van de tafel hangen, zodanig dat hij kan vallen zodra het experiment wordt gestart.

Experiment:

De tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr moet in de „10 ms” positie staan, en de schrijfstrip moet op hetzelfde moment worden losgelaten. Het gewicht valt naar beneden en trekt de tickertape door de tickertape tijdmetr. Daarna wordt de tickertape tijdmetr weer uitgezet (tuimelschakelaar in de middelste stand) en de tickertape wordt uit zijn behuizing gehaald. Tien intervallen worden voor drie maal geteld op de tickertape, startend vanaf het referentiepunt aan het begin. Deze intervallen worden gemarkeerd zodat elk van de drie afstanden gemeten kan worden in een tiende seconde (10 honderdste van een seconde). De drie afstanden zijn:

$$s_1 = \dots\dots\dots \text{ mm}, \quad s_2 = \dots\dots\dots \text{ mm}, \quad s_3 = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Hoeveel zijn de afstanden toegenomen gedurende de tiende seconden?

$$s_2 - s_1 = \dots\dots\dots \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{ m} \quad s_3 - s_2 = \dots\dots\dots \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

Voor de versnelling **g**, die de valversnelling is, geldt het volgende:

$$\mathbf{g} = \Delta v / \Delta t = \Delta(\Delta x / \Delta t) / \Delta t = \Delta^2 x / (\Delta t)^2$$

De afstandstoename moet daarom gedeeld worden door 0,01 (= 0,1²) of vermenigvuldigd met 100. Neem je metingen bereken daarmee het volgende.

De valversnelling **g** is m/s².

Conclusie:

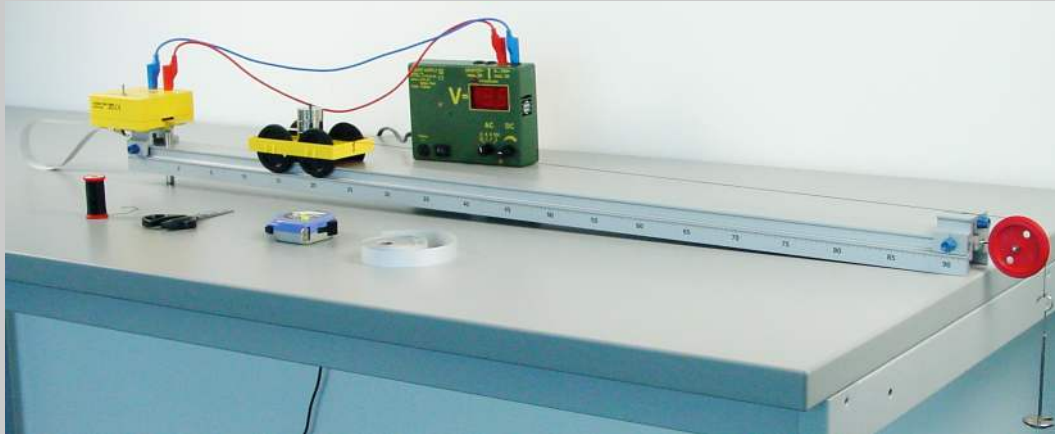
De valversnelling kan berekend worden met behulp van de tickertape tijdmetr.

$$\mathbf{g} \approx 9,81 \text{ m/s}^2$$

6. WETTEN VAN NEWTON

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica
P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Rails en optische bank, 2 x 50 cm
- 1x Koppelstuk voor rails, universeel
- 1x Statiefstang, rond, L = 60 mm, D = 10 mm
- 1x Meetkarretje 3x Massaschijf, 50 g
- 1x Glijklem met schroef
- 1x Rolmaat, L = 300 cm
- 1x Schaar
- 1x Tikkerband timer
- 1x Metaalpapier

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
1x snoertje, 75 cm, rood
1x snoertje, 75 cm, blauw



We gaan de afhankelijkheid de versnelling op de effectieve kracht en de massa, die versneld wordt, meten. En tevens worden de fundamentele vergelijking van dynamica en de „Newton“-definitie geïntroduceerd.

Vorbereitung:

Stel alles op zoals op de afbeelding. De baan wordt op de tafel gezet en het karretje met de drie massaschijven met gleuven wordt op de baan gezet. De massa van het karretje is 200 g. Het ene uiteinde van de baan wordt ongeveer 1,5 cm omhoog gezet door middel van de 6 cm staaf. Deze verhoging moet de wrijving compenseren. De tickertape tijdmetr wordt aan het verhoogde einde geplaatst. De katrol wordt bevestigd in het voorgeboorde gat van de baan en vastgezet met een gekartelde schroef. De katrol reikt tot over de rand van de tafel.

Een strip van metaalpapier (ongeveer 1 m) wordt aan één uiteinde van ongeveer 10 cm gebogen, dit einde wordt door de tickertape tijdmetr gehaald en met plakband aan het karretje vastgezet. Het andere uiteinde van de tickertape wordt vastgezet aan de krokodillebek klem van de tickertape tijdmetr. Een wisselstroom van 12 Volt wordt toegepast op de ticker tape tijdmetr. De tuimelschakelaar moet in de middelste stand staan.

Het karretje wordt bewogen naar de tickertape tijdmetr (terwijl de tickertape door de ticker-tape tijdmetr loopt). Als de hoogteaanpassing juist is, zal het karretje net niet bewegen. Als het karretje lichtjes geduwd wordt, zal het met een constante snelheid over de baan gaan bewegen. Als het karretje afremt, moet de compensatie voor de wrijving worden aangepast.

Het glijzadel dat de beweging van het karretje voorkomt wordt precies voor het karretje op de baan gezet. Vouw een lus in een draad van ongeveer 1,5 m. Deze draad wordt aan het karretje gehangen, over de katrol gelegd, en het hangende gewicht wordt aan de lus bevestigd. De massa van dit hangende gewichtje is 10 g. De effectieve kracht is in het begin dus $\approx 0,1 \text{ N}$.

1. Experiment:

De totale massa, die versneld moet worden bestaat uit het karretje en de massa van het hangende gewicht. De massa van het karretje plus drie massaschijven is 220 g.

De massa van het hangende gewichtje is eerst 10 g en neemt dan toe tot 20 g (door een massa van 10 g toe te voegen). Zodoende wordt de effectieve kracht verdubbeld (naar 0,2 N).

Eerst wordt de tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr in de „100 ms“ positie gezet. Het karretje wordt vastgehouden en het glijzadel wordt naar het einde van de baan geduwd. Dan wordt het karretje losgelaten. Het glijzadel aan het einde van de baan zorgt ervoor dat het karretje er niet af valt. De versnelling (**a**) wordt gevonden door middel van de gegeven formule.

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

Versnelling bij aandrijfkraft van 0,1 N: m/s²

Versnelling bij aandrijfkraft van 0,2 N: m/s²

De versnelling is recht evenredig met de kraft.

2. Experiment:

De totale massa wordt verdubbeld, terwijl de aandrijfkraft hetzelfde blijft

0,1 N voor het hangende gewicht. Als u het karretje eerst met de massa van 50 g op de baan zet (totaal 100 g + 10 g) en dan drie keer 50 g en 10 g (totaal 210 g + 10 g).

Versnelling bij een massa van 110 g: m/s²

Versnelling bij een massa van 220 g: m/s²

De versnelling is omgekeerd evenredig met de massa.

We laten de vier tot nu toe uitgevoerde experimenten nog even de revue passeren.
De (aandrijf-)kracht en de producten van massa en snelheid worden vergeleken:

Kracht (F)	Massa (m)	Versnelling (a)	m · a
0,1 N	0,22 kg	 m/s ²	
0,2 N	0,22 kg	 m/s ²	
0,1 N	0,11 kg	 m/s ²	
0,1 N	0,22 kg	 m/s ²	

3. Experiment:

Nogmaals gaan we een versnelling definiëren aan de hand van de tickertape tijdmetr. De massa van het karretje wordt nu 180 g (karretje + 2 keer 50 g + 3 keer 10 g). De aandrijfkraft wordt uitgeoefend door het hangende gewicht van 20 g (hangend gewicht + 10 g) en is 0,2 N. De totale massa is dan 0,200 kg.

De versnelling is dan m/s².

Uit het eerste en tweede experiment kunnen we het volgende halen/bedenken:

Kracht 0,2 N	Massa 0,2 kg	 m/s ²
Kracht 1,0 N	Massa 0,2 kg	 m/s ²
Kracht 1,0 N	Massa 1,0 kg	 m/s ²

Conclusies:

1. De versnelling is recht evenredig met de kracht en omgekeerd evenredig met de versnellende massa.
2. 1 Newton is de kracht, die een versnelling van 1 m/s² veroorzaakt op een massa van 1 kg.

7. STOOT EN IMPULS

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

1x Rails en optische bank, 2 x 50 cm

1x Koppelstuk voor rails, universeel

1x Statiefstang, rond, L = 60 mm, D = 10 mm

2x Meetkarretje 4x Massaschijf, 50 g

1x Glijklem met schroef

1x Glijklem voor scherm, veer en aanwijzers

2x Stootveer



De Newtoniaanse mechanica geeft verklaringen over processen bij elastische botsingen mogelijk. De simpelste conclusies gaan we met experimenten onderzoeken.

Voorbereiding:

Stel alles op zoals aangegeven in de afbeelding. Een karretje wordt voorzien van een bufferveer en aan het ene uiteinde van de baan geplaatst. Glijzadels worden geplaatst aan beide uiteinden van de baan, zodat de karretjes op de baan blijven. Een glijzadel dient als „vaste muur” waar het karretje op inrijdt.

1. Experiment:

Één karretje wordt gezet aan het ene uiteinde van de baan en in beweging gezet richting het glijzadel aan het andere einde van de baan. Het karretje raakt het glijzadel. De snelheden van het karretje voor en na de botsing kunnen vergeleken worden door te schatten.

Wordt het karretje teruggestoten door de „vaste muur” met dezelfde snelheid?

2. Experiment:

Twee karretjes voorzien van bufferveren worden richting elkaar in beweging gezet zodat ze elkaar ongeveer in het midden van de baan tegenkomen. De snelheid van beide karretjes zou ongeveer gelijk moeten zijn (maar in tegengestelde richting).

In het ideale geval zouden de snelheden van de twee karretjes omgekeerd moeten zijn.

Probeer de bovenstaande stelling te verifiëren door karretje 1 een lagere snelheid te geven dan karretje 2 en herhaal dan experiment 2. Klopt de stelling?

3. Experiment:

Twee karretjes worden elk voorzien van bufferveren en een gewicht met gleuf. Het ene karretje wordt in het midden van de baan geplaatst. Het tweede karretje rolt richting het eerste en botst erop. De snelheden voor en na de botsing worden vergeleken door te schatten. In het ideale geval zou het duwende karretje moeten stoppen en het geduwde karretje zou zijn snelheid over moeten nemen.

4. Experiment:

Het ene karretje wordt geladen met vier gewichten met gleuven; terwijl het andere ongeladen blijft. Het lichtste karretje blijft op zijn plaats, terwijl de zwaardere wordt aangeduwd en botst op het lichtste karretje.

Wat gebeurt er na de botsing?

In het ideale geval zou het lichtere karretje met een hogere snelheid moeten worden weggeduwd, terwijl de duwende massa doorrijdt met een lagere snelheid.

5. Experiment:

Nu staat het zwaarste karretje stil en geven we het lichtste karretje snelheid richting het zwaarste karretje.

Wat gebeurt er nu?

Conclusie:

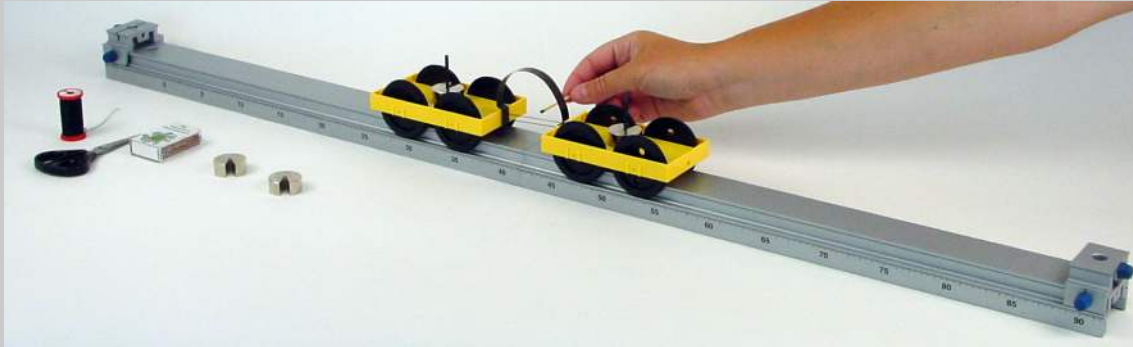
Het product van massa en snelheid noemen we impuls.

De totale impuls (de impuls van het eerste karretje + de impuls van het tweede karretje) voor de botsing is in alle gevallen gelijk aan de totale impuls na de botsing.

8. TRAAGHEIDSPROEVEN

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica
P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Rails en optische bank, 2 x 50 cm
- 1x Koppelstuk voor rails, universeel
- 2x Karretje met instelbare snelheid
- 1x Bladveer voor botsingsproeven met twee karretjes
- 4x Massaschijf, 50 g
- 1x Glijklem met schroef
- 1x Glijklem voor scherm, veer en aanwijzers

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Schaar
- 1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht
- 1x Lucifers



Als twee massa's in rust zijn en elkaar in afstotende beweging zetten door middel van wederzijdse dynamische effecten, dan geldt het principe van lineaire impuls, namelijk dat de hoeveelheden snelheid omgekeerd evenredig is aan die massa's. Zo wordt een dynamische vaststelling van de verschillende massa's mogelijk.

Vorbereiding:

Stel de opstelling op, zoals aangegeven in de afbeelding.

Voor dit experiment is een bladveer nodig (een gebogen metalen strip van 25-30 mm lengte in uitgestrekte toestand). Deze bladveer wordt aan met de uiteinden van de veer aan de karretjes bevestigd. De twee karretjes worden richting elkaar bewogen, zodanig dat de veer met zijn twee inkepingen zich tussen de twee karretjes bevindt. Nu moet een lusje van touw bevestigd worden zodat de karretjes bij elkaar blijven (zie bovenste afbeelding). Beide karretjes bevinden zich in het midden van de baan.

Bij elk deelexperiment moet een nieuw lusje gemaakt worden zodanig dat de afstand tussen de karretjes klopt met de opgegeven waarden in de tabel bij startpositie.

Experiment:

De lus wordt doorgebrand met een lucifer, zodat de beweging van beide massa's in gang wordt gezet. De snelheid wordt op zo'n manier gemeten dat het verband van de volgens het principe van de lineaire impuls te verwachten is (zie MES 5.7). De snelheid wordt „gemeten” door de afstanden te bekijken, die in dezelfde hoeveelheid tijd worden afgelegd.

De positie van de uiteinden van beide karretjes moet overgenomen worden uit de tabel (de startpositie) en één glijzadel moet aan het einde van elk van de voor gedefinieerde afstanden (uiteindelijke positie) worden geplaatst. De eindposities in de onderstaande tabel zijn een indicatie voor de afstand, die de karretjes na dezelfde tijdsduur hebben afgelegd. De precieze waarden van de eindposities zal wellicht variëren van de opgegeven waarde in de onderstaande tabel. Bereken daarom de verhouding van afstanden met eigen gemeten waarden. Na doorbranden van het lusje moeten de twee karretjes de glijzadels op hetzelfde moment raken.

Bij elk deelexperiment worden de massa's van karretje links en rechts aangepast, zoals ze in de tabel staan. Dan wordt het juiste lusje geknoopt zodat de startposities kloppen, waarna het experiment kan worden uitgevoerd.

Massa's van	Verhouding	Startpositie	Eindpositie	Verhouding
Links / rechts van de massa's		links / rechts	links / rechts	afstanden
100 g 100 g		25 / 52	10 / 67	
200 g 100 g		15 / 42	0 / 72	
150 g 100 g		20 / 47	10 / 62	
150 g 50 g		20 / 47	10 / 77	
200 g 50 g		20 / 47	10 / 87	

Conclusie:

Uit het experiment zien we dat de verhouding van de massa's en de verhouding van de afstanden (dus: de snelheden) overeenkomen, dus:

Als twee lichamen een actie-reactie paar vormen, dan kan de massa van het tweede lichaam worden afgeleid uit de relatie van de snelheden, als de massa van één lichaam bekend is.

9. POTENTIËLE EN KINETISCHE ENERGIE

Gebruikte kit:

P9902-4J SEK Dynamica

P9901-4A SEK Statiefmateriaal



Materiaal:

- 1x Houder voor massaschijven, 10g
- 1x Massaschijf, 10 g
- 3x Massaschijf, 50 g
- 1x Katrollen, set van 4, plastic
- 1x Meetkarretje
- 1x Metaalpapier
- 1x Tikkerband timer
- 1x Schaar
- 1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht
- 1x Rails en optische bank, 2 x 50 cm
- 1x Koppelstuk voor rails, universeel
- 1x Glijklem met schroef
- 1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Laagspannings-voedingsbron met digitale display
- 1x Geleidende verbinding, 75 cm, rood
- 1x Geleidende verbinding, 75 cm, blauw
- 1x Lucifers



We onderzoeken de verandering van potentiële naar kinetische energie.

Vorbereiding:

Stel alles op zoals aangegeven in de afbeelding. De baan wordt op de tafel geplaatst en het karretje (voorzien van drie gewichten met gleuven) wordt op de baan gezet. De massa van het karretje is 200 g. Het ene uiteinde van de baan wordt ongeveer 1,5 cm omhoog gezet door middel van de 6 cm staaf. Deze verhoging moet de wrijving compenseren. De tickertape tijdmetr wordt vastgemaakt aan het verhoogde uiteinde. De katrol wordt bevestigd in het voorgeboorde gat van de baan en vastgezet met een gekartelde schroef. De katrol reikt tot over de rand van de tafel.

Een strip van metaalpapier (ongeveer 1 m) wordt aan één uiteinde van ongeveer 10 cm gebogen, dit einde wordt door de tickertape tijdmetr gehaald en met plakband aan het karretje vastgezet. Het andere uiteinde van de tickertape wordt vastgezet aan de krokodillebek klem van de tickertape tijdmetr. Een wisselspanning van 12 Volt wordt toegepast op de tickertape tijdmetr.

Het karretje wordt verplaatst naar de tickertape tijdmetr (en de tickertape loopt door de tickertape tijdmetr). Als de hoogte juist is zal het karretje niet bewegen. Als het karretje lichtjes wordt geduwd zou het met een constante snelheid over de baan moeten bewegen. Als het karretje langzamer gaat rijden moet deze weerstand worden gecompenseerd door de baan nog iets te verhogen. Een glijzadel dat het karretje tegenhoudt wordt vlak voor het karretje geplaatst.

In een draad van ongeveer 1,5 meter wordt een lusje gelegd. De draad wordt vastgemaakt aan het karretje en over de katrol heen gelegd. De gewicht houder wordt in de lus gehangen. De massa van de gewicht houder is 10 g. Een gewicht met gleuven van 10 g wordt aan het hangende gewicht bevestigd, zodat de effectieve kracht $\approx 0,2$ N is.

De gewicht houder moet precies op 40 cm boven de vloer hangen. Deze positie kan bereikt worden door het bewegen van het karretje. Daarna wordt het karretje vastgezet door middel van het glijzadel.

Experiment:

Nadat we de precieze hoogte hebben gecontroleerd (40 cm boven de vloer) houdt u het karretje vast en het glijzadel wordt aan het einde van de baan geplaatst. De tuimelschakelaar van de tickertape tijdmetr wordt op de „100 ms” positie gezet en het karretje wordt losgelaten. Het karretje wordt door het glijzadel aan het einde van de baan tegengehouden. De tickertape tijdmetr wordt weer uitgezet (tuimelschakelaar in middelste stand). Daarna wordt de tickertape uit zijn behuizing gehaald.

Eerst voert het karretje een eenparig versnelde beweging uit. Dit zien we door de toename van de afstanden tussen de stippen op de tickertape. Vanaf het moment dat het hangende gewicht de grond raakt zal het karretje met een redelijk constante snelheid bewegen. De afstanden tussen de stippen op de tickertape zijn dan elk ongeveer even groot.

De eindsnelheid van het karretje wordt gedefinieerd door de afstanden tussen de stippen op de tickertape, met de gegeven instelling van de tickertape tijdmetr van 0,1 s.

$\Delta s = \dots\dots\dots$ cm = $\dots\dots\dots$ m

$$v_{\text{eind}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\dots\dots\dots \text{ m}}{0,1 \text{ s}} = \dots\dots\dots \text{ m/s}$$

Eindsnelheid v_{eind} van het karretje: $\dots\dots\dots$ m/s.

Dit resultaat voor de eindsnelheid gaan we nu vergelijken met de eindsnelheid berekent met energiebehoud:

potentiële energie = kinetische energie

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$$

$$v_{\text{eind}} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{M}}$$

met:

m = 0,02 kg;

M = 0,22 kg;

h = 0,40 m.

Kun je eventuele afwijkingen van je gemeten eindsnelheid en berekende eindsnelheid verklaren?

Het experiment wordt herhaald met een zwaarder karretje (twee gewichten met gleuven).

Conclusie:

Als potentiële naar kinetische energie wordt omgezet hangt de eindsnelheid af van de hoogte, de versnellende massa m en de versnelde massa M.



©Fruhman, GmbH
NTL Manufacturer & WholeSaler
Werner von Siemens Str. 1
A-7343 Neutal, Austria

www.ntl.at



CMA
A.J.Ernststraat 169
1083 GT Amsterdam

www.cma-science.nl