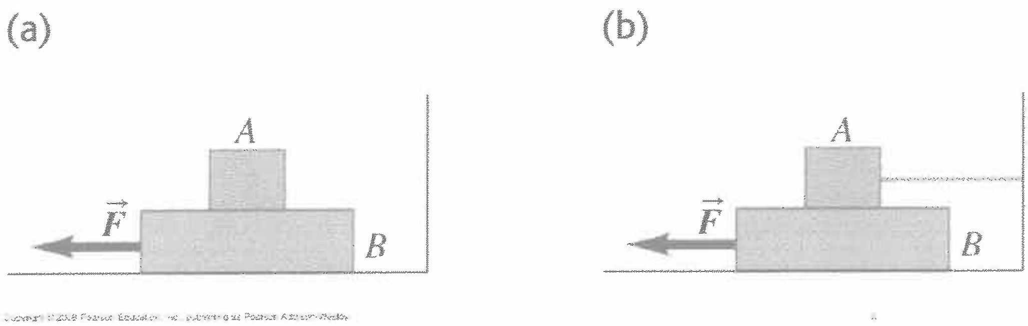
Proeftentamen Fysica (GEO1-1114)
13:15-15:00 uur

**Aanwijzingen voor het succesvol maken van dit tentamen.**

1. Geef antwoord op iedere vraag (en alleen maar de vraag).
2. Gebruik bij het oplossen van de problemen de ISEE methodiek.
3. Dit is een openboek tentamen, d.w.z. je mag het cursus tekstboek gebruiken bij het beantwoorden van je vragen. Het is niet toegestaan andere documenten te raadplegen.
4. Werk in S.I.-eenheden en vergeet niet deze eenheden in je antwoord te noemen. Zonder eenheden wordt je antwoord fout gerekend.
5. Schrijf je naam op ieder blad dat je inlevert.
6. Bij ieder onderdeel wordt tussen haakjes aangegeven hoeveel punten je ermee kan verdienen.

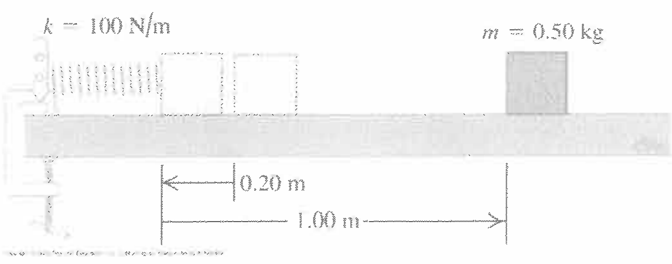
**Opgave 1. Wetten van Newton** (10 punten)




**Figuur 1**

Blok $A$ in Figuur 1 weegt 1.20 N en blok $B$ weegt 3.60 N. De kinetische frictiecoëfficiënt van alle oppervlakken is 0.300. Bepaal de grootte van de horizontale kracht $\vec{F}$ die nodig om blok $B$ met een constante snelheid naar links te laten bewegen (a) in het geval dat $A$ op $B$ rust en met dezelfde snelheid als $B$ beweegt (Fig. 1a), en (b) als blok $A$ op zijn plaats wordt gehouden met een koordje (Fig. 1b).

**Opgave 2. Arbeid en energie** (5 punten)

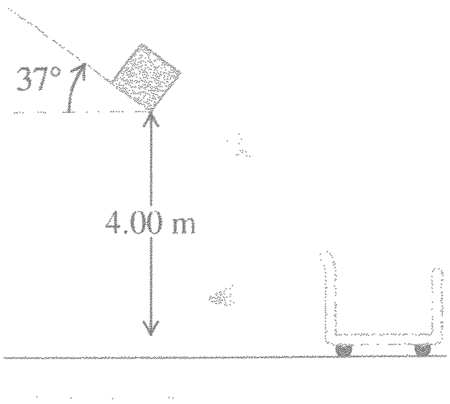



**Figuur 2.**

Een blok met massa van 0.5 kg wordt tegen een horizontale veer met verwaarloosbare massa geduwd, waardoor de veer 0.20 m wordt ingedrukt. Daarna wordt het blok losgelaten en wordt het blok 1.00 meter weggeduwd.

De veer heeft veerconstante 100N/m. Bereken de kinetische frictiecoëfficiënt $\mu_k$ tussen de tafel en het blok.

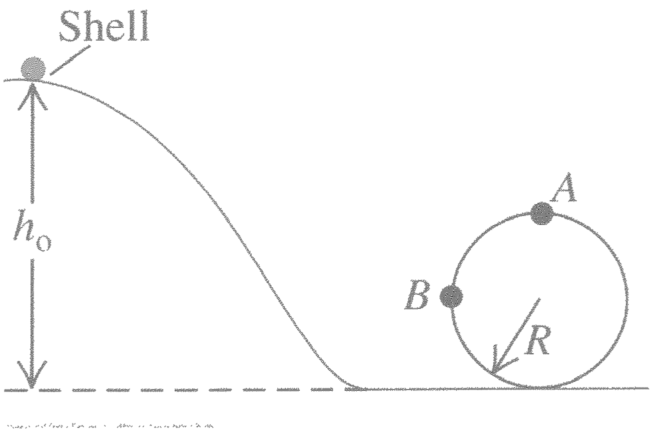
**Opgave 3. Impuls** (10 punten)




**Figuur 3**

In het distributiecentrum van een overslagbedrijf rijdt een open wagen met een massa van 50.0 kg naar links met een constante snelheid van 5.00 $m/s^2$ (Fig.3). De wrijving tussen de wagen en de vloer is verwaarloosbaar klein. Een 15.0-kg pakket komt over een glijbaan naar beneden en verlaat de baan met een snelheid van 3.00 m/s. De glijbaan maakt een hoek van 37° met de horizontaal. Het pakket landt precies op de bodem van de wagen. Wagen mét pakket rijdt daarna verder. Als het einde van de glijbaan zich 4.00 m boven de bodem van de wagen bevindt, wat is (a) de grootte van de snelheid van het pakket wanneer het in de wagen valt, en (b) de grootte van de uiteindelijke snelheid van de wagen met pakket?

**Opgave 4. Rotatiedynamica** (15 punten)




Een holle bal met massa m en straal r start vanuit rust en rolt zonder slippen naar beneden. Beneden moet de holle bal een ronding maken met straal R (Fig.4). De diameter r van de bal is veel kleiner dan $h_0$ en R en rolweerstand mag worden verwaarloosd.

**Figuur 4**

a). Bereken de minimale hoogte $h_0$ die nodig is om de complete ronding te kunnen maken.
b) Wat is de normaalkracht op punt B, dat zich op dezelfde hoogte bevindt als het middelpunt van de cirkel?
c) Stel dat de bal naar beneden glijdt in plaats van rolt, en de bal van dezelfde hoogte was losgelaten als berekend in onderdeel (a). Zou de bal nu ook in staat zijn de ronding te vervolmaken? En waarom?
d) Neem weer hetzelfde geval als in onderdeel (c). Welke kracht oefent de baan uit op de bal in punt A?

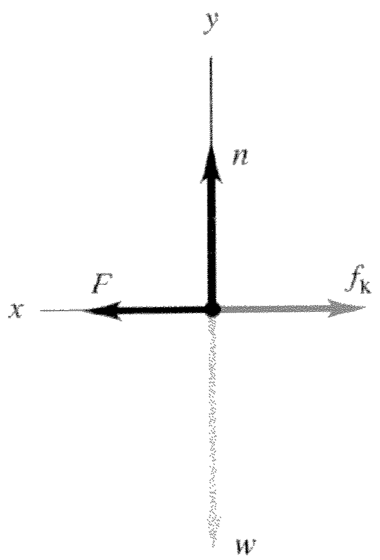
Antwoorden oefentoets Fysica

**Opgave 1**

**Identify**: De blokken bewegen met een constante snelheid, d.w.z. de versnelling is nul. Dit betekent dat de netto kracht op beide blokken nul is (eerste of tweede wet van Newton). Voor de frictiekracht tijdens bewegen gebruiken we vergelijking (5.5). Doel in (a) en (b) is om de grootte van kracht *F* te bepalen.

**(a) Set up:** Kies coördinatenstelsel. We gebruiken de volgende symbolen en waarden.

| | | |
|---|---|---|
| Kinematische frictiecoëfficiënt | $\mu_k$ | 0.300 |
| Gewicht van blok A | $W_A$ | 1.20N |
| Gewicht van blok B | $W_B$ | 3.60N |
| Gewicht van blok A en B samen | $w$ | tussenresultaat: te bepalen |
| Normaalkracht op B door tafel | $n$ | tussenresultaat: te bepalen |
| Kinematische frictiekracht op B door tafel | $f_k$ | tussenresultaat: te bepalen |
| Horizontale kracht | $F$ | gevraagd: bereken |




*(a) "free body" diagram voor A+B*

**Execute:** Aangezien beide blokje op elkaar liggen, en blijven liggen, is het relevante gewicht

$w=W_A+W_B$

$w=(-1.20N)+(-3.60N)=-4.80N.$

Eerste wet van Newton geeft $n=-w=+4.80N$.

$f_k=-\mu_k n=-0.300*(4.80N)=-1.44N$

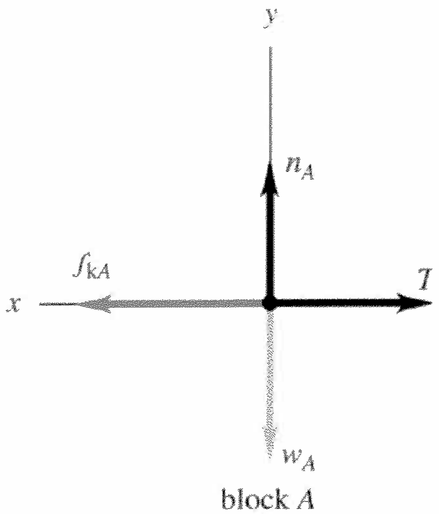
Horizontale krachtbalans: $F+f_k=0$ geeft $F=1.44N$. De verticale component van *F* is nul.

De grootte van de kracht die nodig om het blokje naar links te laten bewegen is *1.44N*.

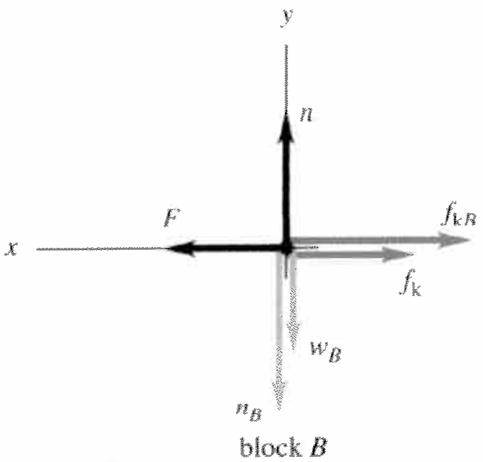
**Evaluate**: Zoals verwacht is de grootte van *F* kleiner dan *w*.

**(b) Set-up:** Gebruik zelfde coördinaatrichtingen en symbolen als bij (a) plus de volgende:

| | | |
|---|---|---|
| Normaalkracht op A door B | $n_A$ | tussenresultaat: te bepalen |
| Kinematische frictiekracht op A door B | $f_{kA}$ | tussenresultaat: te bepalen |
| Kinematische frictiekracht op B door A | $f_{kB}$ | tussenresultaat: te bepalen |
| Horizontale trekkracht op A door koord | $T$ | eventueel te bepalen |
| Horizontale kracht | $F$ | gevraagd: bereken |



(b) Free body diagram voor blok A



(b) Free body diagram voor blok B

**Execute:** *Blok A (linker figuur)*; Eerste wet van Newton geeft $n_A$=-$W_A$=1.20N.
$f_{kA}=\mu_k n_A$=0.300*(1.20N)=0.36N

(Eerste wet van Newton, horizontale krachtbalans, geeft $T$=-$f_{kA}$= -0.36N).

*Blok B (rechter figuur)*: frictie door tafel op B is hetzelfde als bij (a): $f_k$=-1.44N

Derde wet van Newton: $f_{kB}$=-$f_{KA}$ =-0.36N

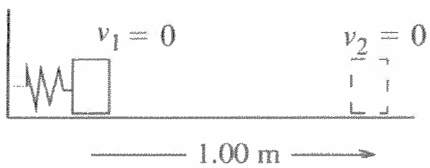
Eerste wet van Newton, horizontale krachtbalans:
$F + f_{kB} + f_k = 0 \Leftrightarrow F = -f_{kB} - f_k = (0.36N) + (1.44N) = 1.80N$

**Evaluate**: Doordat A wordt vastgehouden door het koord is *F* groter dan in (a). *F* is kleiner *w*.

## Opgave 2 (5 punten).

**Indentify**: Gebruik de arbeid-energie theorema, Vgl(7.7). De coefficient voor kinetische wrijving, $\mu_k$ is de onbekende die we moeten vinden.

**SETUP**: Positie 1 is waar de blok wordt losgelaten en positie 2 is de locatie waar het blokje uiteindelijk stil staat (Figuur 1). Gebruik $K_1 + U_1 + W_{other} = K_2 + U_2$




Arbeid wordt geleverd door de veer en door de wrijving.
$W_{other} = W_f$

en $U = U_{el}$.

Figuur 2

**Execute:** $K_1 = K_2 = 0$

$U_1 = U_{1,el} = \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}(100\text{ N/m})(0.200\text{ m})^2 = 2.00\text{ J}$

$U_2 = U_{2,el} = 0,$ omdat alle potentiele energie van de veer wordt omgezet in kinetische energie. Op positie 2 is de potentiele energie van de veer nul.

$W_{other} = W_f = (f_k \cos\phi)s = \mu_k mg(\cos\phi)s = -\mu_k mgs,$ omdat $\phi = 180°$ (De wrijving staat in de tegenovergestelde richting van de verplaatsing en verricht dus negatieve arbeid.)

Nu alles invullen in $K_1 + U_1 + W_{other} = K_2 + U_2$ geeft

$U_{1,el} + W_f = 0$

$\mu_k mgs = U_{1,el}$

$$\mu_k = \frac{U_{1,el}}{mgs} = \frac{200\text{ J}}{(0.50\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(1.00\text{ m})} = 0.41.$$

**Evaluate:** $U_{1,el} + W_f = 0$ betekent dat de potentiele energie die was opgeslagen in de veer verdwenen is doordat de wrijvingskracht negatieve arbeid verricht heeft. De mechanische energie in de eindsituatie is nul.

**Opgave 3.**

**Identify**: Horizontaal impulsbehoud, verticale versnelling door de zwaartekracht. We beschouwen dit probleem als een ideaal niet-elastische botsing. Voor het oplossen van (a) zijn verschillende methodes mogelijk 1) kinematische vergelijkingen uit hoofdstuk 2-3 gebruiken of 2) energiebehoud te gebruiken om de snelheid van het pakket bij neerkomen in de wagen te bepalen. We gebruiken energiebehoud omdat dat minder rekenwerk geeft.

**Set up**: definieer *x*- en *y*-assen naar rechts en naar boven en de volgende variabelen;

| | | |
|---|---|---|
| $m_w$ | massa wagen | 50.0 kg |
| $v_w$ | horizontale snelheid wagen voor botsing | -5.00 m/s |
| $m_p$ | massa pakket | 15.0 kg |
| $v_x$ | horizontale snelheid pakket voor botsing | (3.00 m/s)cos37° = 2.396 m/s |
| $h$ | hoogte van einde glijbaan | 4.00 meter |
| $g$ | verticale zwaartekrachtsversnelling | -9.80 m/s$^2$ |
| $v_1$ | grootte v/d snelheid pakket bij verlaten van glijbaan | 3.00 m/s |
| $v_2$ | grootte v/d snelheid pakket bij neerkomen in wagen | bepalen bij (a) |
| $v_{pw}$ | horizontale snelheid pakket en wagen na botsing | bepalen bij (b) |

**Execute:** (a) Aan het einde van de baan heeft het pakket energie $E_1 = \frac{1}{2}m_p v_1^2 + mgh$. Bij neerkomen in de wagen is de energie $E_2 = \frac{1}{2}m_p v_2^2$. Energiebehoud betekent dat $E_1=E_2$, waaruit volgt dat $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh}$. Dit geeft $v_2=9.349$ *m/s*, en na afronden op significant aantal decimalen is $v_2=9.35$ *m/s*.

(b) De horizontale snelheid van het pakket verandert niet door het vallen. Horizontaal impulsbehoud:

$$v_x m_p + v_w m_w = v_{pw}(m_p + m_w)$$
$$v_{pw} = \frac{v_x m_p + v_w m_w}{m_p + m_w} = \frac{(2.396m/s)(15.0kg) + (-5.00m/s)(50.0kg)}{65.0kg}$$
$$v_{pw} = -3.29m/s$$

De grootte van de uiteindelijke snelheid van de wagen is dus 3.29 m/s (geen verticale snelheid).

**Evaluate:** (a) het pakket heeft een hogere neerwaartse snelheid bij neerkomen in de wagen, zoals verwacht. Dit komt omdat de verticale snelheid is toegenomen. (b) De wagen heeft na botsing een langzamere snelheid naar links. Gegeven het relatief grote gewicht en snelheid van de wagen was het niet te verwachten dat de impuls van het pakket de rijrichting zou veranderen.

**Opgave 4 (15 punten)**

**4a**

**Indentify:** Pas energiebehoud toe om de snelheid op punt A en B te berekenen. Pas de tweede wet van Newton toe op de cirkelbeweging van de holle bal om de benodigde normaalkracht te vinden. Omdat $r << R$ kan de holle bal als een puntmassa beschouwd worden die zich in cirkerbeweging met straal *R* bevindt. Houd wel rekening met het feit dat de rollende bal zowel translatie als rotatie-energie bevat.

**Setup:** $K_1 + U_1 = K_2 + U_2$. Neem 1 als startpunt and neem y=0 op de bodem van de af te leggen baan. Dit betekent dat $y_1 = h_0$. $K = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$. $I = \frac{2}{3}mr^2$ en $\omega = v/r$, dus de kinetische energie is $K = \frac{5}{6}mv^2$. Om de cirkerbewging in stand te houden is een minimale radiele versnelling $a_{\text{rad}} = v^2/R$ nodig.

**Execute:** (a) $\sum\vec{F} = m\vec{a}$ toepassen op punt *A* geeft $n + mg = m\frac{v^2}{R}$. De minimale snelheid die nodig is om de ronding te vervolmaken wordt bereikt als $n \to 0$ en dus $v^2 = gR$. Laat punt 2 punt *A* zijn, dan is $y_2 = 2R$ en $v_2^2 = mR$. Dan $K_1 + U_1 = K_2 + U_2$ geeft $mgh_0 = 2mgR + \frac{5}{6}m(gR)$. De minimale hoogte is dus $h_0 = (2 + \frac{5}{6})R = \frac{17}{6}R$.

**4b**

Punt 2 is nu punt B, dus $y_2 = R$. Dan geeft toepassen van $K_1 + U_1 = K_2 + U_2$ dat $mgh_0 = mgR + \frac{5}{6}mv_2^2$. Met $h = \frac{17}{6}R$ geeft dit $v^2 = \frac{11}{5}gR$. Toepassen van $\sum\vec{F} = m\vec{a}$ op punt *B* geeft $n = m\frac{v^2}{R} = \frac{11}{5}mg$.

**4c**

In dit geval is $K = \frac{1}{2}mv^2$ in plaats van $\frac{5}{6}mv^2$. De holle bal zou in dat geval op *A* sneller bewegen dan in het geval er wel wrijving is en zou dus nog steeds de ronding vervolmaken want de snelheid is groter dan de minimale snelheid.

**4d**

Pas toe $mgh_0 = mg(2R) + \frac{1}{2}mv^2$ om de snelheid te berekenen. Gebruik het gevonden antwoord $h_0 = \frac{17}{6}R$ en vul in. Dit geeft $v^2 = \frac{5}{3}gR$. Toepassen van $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ op $A$ geeft $mg + n = m\dfrac{v^2}{R}$ en $n = m\left(\dfrac{v^2}{R} - g\right) = \frac{2}{3}mg$. In onderdeel (a) vonden we dat $n = 0$, omdat in dat geval de zwaartekracht net voldoende radiele versnelling gaf om de holle bal in de cirkelbeweiging te houden..

**Evaluate:** De normaalkracht op *A* is groter zonder dan met wrijving. Dit is logisch want in het geval dat wrijving afwezig is was de snelheid groter.