



# basic education

---

Department:  
Basic Education  
**REPUBLIC OF SOUTH AFRICA**

## **SENIORSERTIFIKAAT-EKSAMEN**

**FISIESE WETENSKAPPE: FISIKA (V1)**

**2017**

**PUNTE: 150**

**TYD: 3 uur**

**Hierdie vraestel bestaan uit 15 bladsye, 3 gegewensblaaië en 1 grafiekblad.**

**INSTRUKSIES EN INLIGTING**

1. Skryf jou eksamennommer en sentrumnommer in die toepaslike ruimtes op die ANTWOORDEBOEK en op die aangehegte GRAFIEKBLAD neer. Plaas die GRAFIEKBLAD in jou ANTWOORDEBOEK en lewer dit saam met jou ANTWOORDEBOEK in.
2. Hierdie vraestel bestaan uit 11 vrae. Beantwoord AL die vrae in die ANTWOORDEBOEK.
3. Begin ELKE vraag op 'n NUWE bladsy in die ANTWOORDEBOEK.
4. Nommer die antwoorde korrek volgens die nommeringstelsel wat in hierdie vraestel gebruik is.
5. Laat EEN reël oop tussen twee subvrae, byvoorbeeld tussen VRAAG 2.1 en VRAAG 2.2.
6. Jy mag 'n nieprogrammeerbare sakrekenaar gebruik.
7. Jy mag toepaslike wiskundige instrumente gebruik.
8. Jy word aangeraai om die aangehegte GEGEWENSBLAAIE te gebruik.
9. Toon ALLE formules en substitusies in ALLE berekeninge.
10. Rond jou FINALE numeriese antwoorde tot 'n minimum van TWEE desimale plekke af.
11. Gee kort (bondige) motiverings, besprekings, ensovoorts waar nodig.
12. Skryf netjies en leesbaar.

**VRAAG 1: MEERVOUDIGEKEUSE-VRAE**

Verskeie opsies word as moontlike antwoorde op die volgende vrae gegee. Skryf die vraagnommer (1.1–1.10) neer, kies die antwoord en maak 'n kruisie (X) oor die letter (A–D) van jou keuse in die ANTWOORDEBOEK.

**VOORBEELD:**

1.11

 A B C D

1.1 'n Konstante netto krag werk op 'n trollie in.

Volgens Newton se Tweede Wet is die versnelling van die trollie ... die massa van die trollie.

A gelyk aan

B onafhanklik van

C direk eweredig aan

D omgekeerd eweredig aan

(2)

1.2 Die gewig van 'n man op die Aarde se oppervlak is  $w$ . Planeet **X** het *dieselfde* radius as die Aarde, maar *die helfte* van die massa van die Aarde.

Indien dieselfde man na Planeet **X** gaan, sal sy gewig op die oppervlak ... wees.

A  $\frac{1}{4} w$

B  $\frac{1}{2} w$

C  $w$

D  $2 w$

(2)

1.3 'n Voorwerp val vry in 'n vakuum naby die Aarde se oppervlak.

Watter EEN van die volgende stellings oor die beweging van die voorwerp is KORREK?

A Die snelheid van die voorwerp sal konstant bly.

B Die snelheid van die voorwerp sal uniform afneem.

C Die tempo van verandering van snelheid van die voorwerp sal uniform toeneem.

D Die tempo van verandering van snelheid van die voorwerp sal konstant bly.

(2)

1.4 'n Bal wat horisontaal beweeg, tref 'n muur teen 'n spoed  $2v$ . Die bal bons dan horisontaal terug met 'n spoed  $v$ , soos in die diagram hieronder getoon.

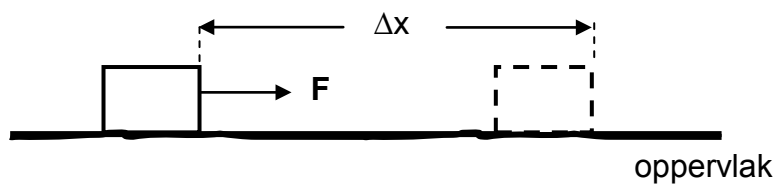


Watter EEN van die volgende kombinasies oor die lineêre momentum en die totale kinetiese energie van die bal is KORREK vir die botsing hierbo? Aanvaar dat die bal-muur-sisteem geïsoleerd is.

	LINEÊRE MOMENTUM	TOTALE KINETIESE ENERGIE
A	Behoue	Nie behoue nie
B	Behoue	Behoue
C	Nie behoue nie	Nie behoue nie
D	Nie behoue nie	Behoue

(2)

1.5 'n Konstante horisontale krag  $F$  verplaas 'n houer met  $\Delta x$  oor 'n ruwe horisontale oppervlak. Bestudeer die diagram hieronder.



Die normaalkrag wat op die houer inwerk, verrig GEEN arbeid op die houer tydens die beweging NIE omdat dit ... is.

- A gelyk aan die toegepaste krag
- B loodreg aan die toegepaste krag
- C gelyk en teenoorgesteld aan die gewig van die houer
- D loodreg aan die verplasing van die houer

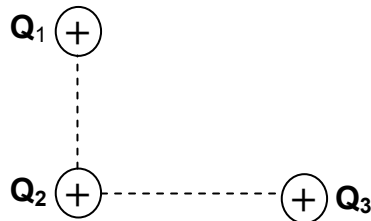
(2)

- 1.6 'n Motor beweeg teen 'n konstante snelheid na 'n stilstaande luisteraar toe. Die motor se toeter stel klank met 'n konstante frekwensie vry soos dit die luisteraar nader.

Watter EEN van die volgende stellings oor die frekwensie en golflengte van die klank van die toeter, soos deur die luisteraar waargeneem, is KORREK?

- A Beide die frekwensie en die golflengte het afgeneem.  
 B Die frekwensie het toegeneem terwyl die golflengte afgeneem het.  
 C Die frekwensie het afgeneem terwyl die golflengte toegeneem het.  
 D Beide die frekwensie en die golflengte het toegeneem. (2)

- 1.7 Drie identiese positiewe puntladings,  $Q_1$ ,  $Q_2$  en  $Q_3$ , word aanvanklik op 'n gladde horisontale tafel op die hoeke van 'n reghoekige driehoek geplaas. Die diagram hieronder toon die ladings soos van bo gesien.



Watter EEN van die volgende diagramme toon die rigting waarin  $Q_2$  sal beweeg, as gevolg van die elektrostatiese kragte wat deur  $Q_1$  en  $Q_3$  daarop uitgeoefen word?

- A B   
 C D (2)

- 1.8 'n Sekere geleier gehoorsaam Ohm se wet.

Watter EEN van die stellings hieronder oor die weerstand van die geleier is KORREK?

Die weerstand van hierdie geleier ...

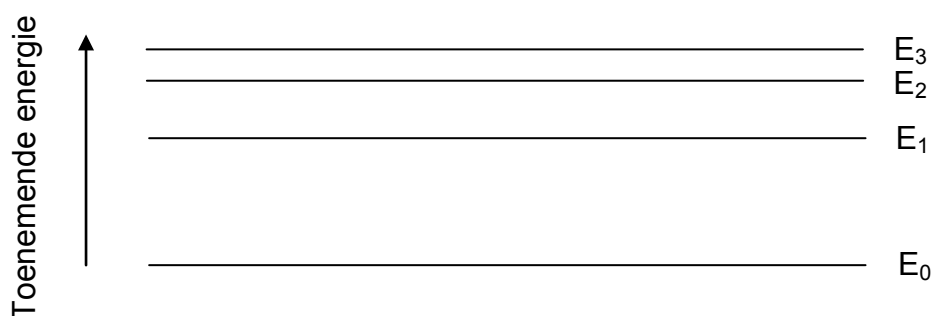
- A verander soos die potensiaalverskil daaroor by konstante temperatuur verander.  
 B verander soos die stroom daardeur by konstante temperatuur verander.  
 C bly onveranderd, selfs as die potensiaalverskil daaroor of die stroom daardeur by konstante temperatuur verander.  
 D bly onveranderd, selfs al verander sy temperatuur. (2)

1.9 Watter EEN van die volgende energie-omskakelings vind tydens die werking van 'n WS-generator plaas?

- A Elektries na meganies
- B Meganies na elektries
- C Hitte na meganies
- D Elektries na potensiaal

(2)

1.10 Die diagram hieronder toon vier energievlakke van 'n atoom. Die oorgang van die atoom vanaf hoër energievlakke na laer energievlakke lei tot die vrystelling van 'n foton.



Watter EEN van die volgende oorgange sal tot die vrystelling van 'n foton met die kortste golflengte lei?

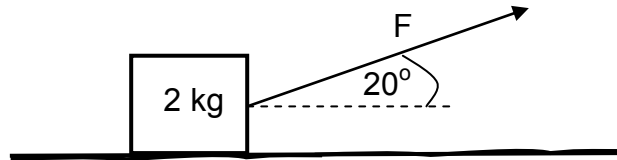
- A Vanaf energievlak E<sub>2</sub> na energievlak E<sub>1</sub>
- B Vanaf energievlak E<sub>3</sub> na energievlak E<sub>0</sub>
- C Vanaf energievlak E<sub>3</sub> na energievlak E<sub>2</sub>
- D Vanaf energievlak E<sub>1</sub> na energievlak E<sub>0</sub>

(2)  
[20]

**VRAAG 2 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

- 2.1 'n Krat, met 'n massa van 2 kg, word deur 'n konstante krag  $F$  na regs getrek oor 'n *ruwe* horisontale oppervlak.

Die krag  $F$  word teen 'n hoek van  $20^\circ$  met die horisontaal toegepas, soos in die diagram hieronder getoon.



- 2.1.1 Teken 'n benoemde vrye kragtediagram en toon AL die kragte wat op die krat inwerk. (4)

'n Konstante wrywingskrag van 3 N werk tussen die oppervlak en die krat in. Die kinetiese wrywingskoëffisiënt tussen die krat en die oppervlak is 0,2.

Bereken die grootte van die:

- 2.1.2 Normaalkrag wat op die krat inwerk (3)
- 2.1.3 Krag  $F$  (4)
- 2.1.4 Versnelling van die krat (3)
- 2.2 'n Massiewe rots uit die buitenste ruimte beweeg na die Aarde toe.
- 2.2.1 Stel Newton se Universele Gravitasiwet in woorde. (2)
- 2.2.2 Hoe verander die grootte van die gravitasiekrag wat deur die Aarde op die rots uitgeoefen word soos die afstand tussen die rots en die Aarde kleiner word?
- Kies uit TOENEEM, AFNEEM of BLY DIESELFDE.
- Gee 'n rede vir die antwoord. (2)

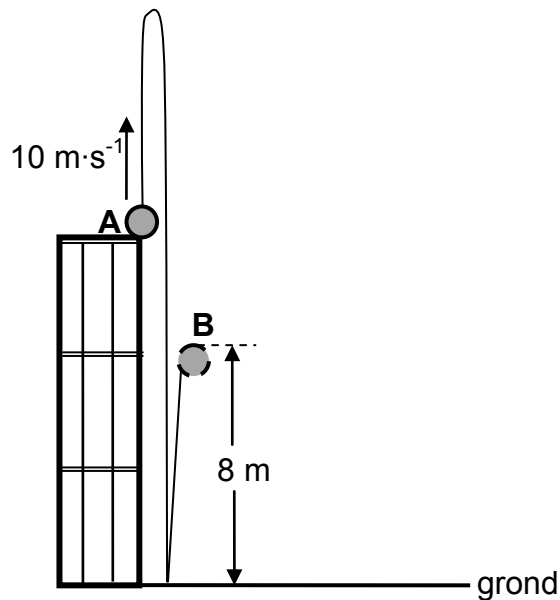
**[18]**

**VRAAG 3 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

'n Bal word vertikaal opwaarts met 'n spoed van  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  geprojekteer vanaf punt **A**, wat op die boonste rand van 'n gebou is.

Die bal tref die grond na 3 s. Dit is in kontak met die grond vir 0,2 s en bons dan vertikaal opwaarts na 'n maksimum hoogte van 8 m by punt **B**. Sien die diagram hieronder.

Ignoreer die effekte van wrywing.



- 3.1 Hoekom kan daar aangeneem word dat die bal tydens sy beweging in vryval is? (2)
- 3.2 Bereken die:
- 3.2.1 Hoogte van die gebou (3)
- 3.2.2 Spoed waarteen die bal die grond tref (3)
- 3.2.3 Spoed waarteen die bal die grond verlaat (3)
- 3.3 Teken 'n snelheid-teenoortydgrafiek vir die volledige beweging van die bal vanaf **A** na **B**. Toon die volgende op die grafiek:
- Die grootte van die snelheid waarmee dit die grond tref
  - Die grootte van die snelheid waarmee dit die grond verlaat
  - Die tyd wat dit neem om die grond te bereik, sowel as die tyd wanneer dit die grond verlaat

(4)  
[15]

**VRAAG 4 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

'n Onderwyser gebruik twee trollies om die beginsel van behoud van lineêre momentum te demonstree. Die onderwyser plaas eers die trollies, **A** en **B**, 'n afstand van mekaar op 'n plat wrywinglose horisontale oppervlak, soos in die diagram hieronder getoon. Die massa van trollie **A** is 3,5 kg en dié van trollie **B** is 6,0 kg.



Trollie **A** beweeg na trollie **B** toe teen konstante snelheid. Die tabel hieronder toon die posisie van trollie **A** vir tydintervalle van 0,4 s voordat dit met trollie **B** bots.

VERWANTSKAP TUSSEN POSISIE EN TYD VIR TROLLIE A				
Posisie van trollie <b>A</b> (m)	0	0,2	0,4	0,6
Tyd (s)	0	0,4	0,8	1,2

4.1 Gebruik die tabel hierbo om te bewys dat trollie **A** teen konstante snelheid beweeg voordat dit met trollie **B** bots. (3)

4.2 Stel die beginsel van behoud van lineêre momentum in woorde. (2)

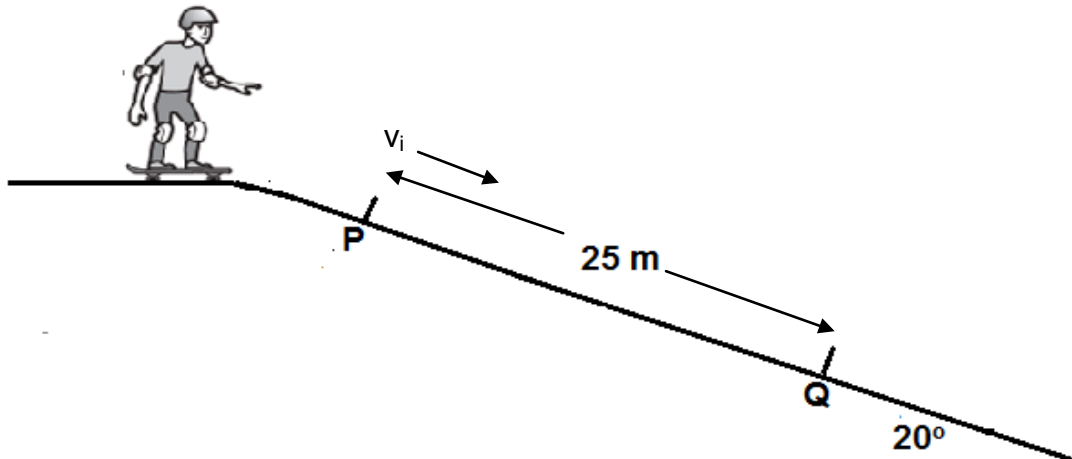
By tyd  $t = 1,2$  s bots trollie **A** met stilstaande trollie **B**. Die botsingstyd is 0,5 s, waarna die twee trollies saam verder beweeg.

4.3 Bereken die grootte van die gemiddelde netto krag wat deur trollie **A** op trollie **B** uitgeoefen word. (6)  
[11]

**VRAAG 5 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

Die diagram hieronder toon 'n seun wat op sy skaatsplank ry op 'n skuinste wat 'n hoek van  $20^\circ$  met die horisontaal maak. 'n Konstante wrywingskrag van 50 N werk op die skaatsplank in soos dit vanaf **P** na **Q** beweeg. Beskou die seun en die skaatsplank as 'n enkele eenheid met 'n massa van 60 kg.

Ignoreer die effekte van lugwrywing.



- 5.1 Teken 'n benoemde vrye kragtediagram wat AL die kragte toon wat op die seun-skaatsplank-eenheid inwerk terwyl dit teen die skuinste af vanaf **P** na **Q** beweeg. (3)

Punt **P** en **Q** op die skuinste is 25 m weg van mekaar. Die skaatsplankryer beweeg verby punt **P** teen 'n spoed  $v_i$  en gaan verby punt **Q** teen 'n spoed van  $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Ignoreer rotasie-effekte as gevolg van die skaatsplank se wiele.

- 5.2 Stel die arbeid-energie-stelling in woorde. (2)

- 5.3 Gebruik energiebeginsels om die skaatsplankryer se spoed  $v_i$  by punt **P** te bereken. (5)

- 5.4 Bereken die gemiddelde drywing wat deur die skaatsplankryer verbruik word om wrywing tussen **P** en **Q** te oorkom. (4)  
[14]

**VRAAG 6 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

- 6.1 'n Polisiemotor beweeg teen konstante snelheid op 'n snelweg. Die motor se sirene stel klankgolwe met 'n frekwensie van 330 Hz vry. 'n Stilstaande klankopspoorer meet die frekwensie van die naderende sirene se klankgolwe as 365 Hz. Neem die spoed van klank in lug as  $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- 6.1.1 Stel die Doppler-effek in woorde. (2)

- 6.1.2 Bereken die spoed van die motor. (5)

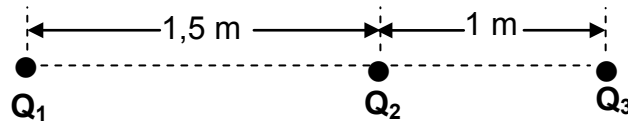
- 6.2 Die spektrum van 'n afgeleë ster lyk asof dit 'n rooiverskuiwing ondergaan het wanneer dit vanaf 'n sterrewag op die Aarde waargeneem word.

Gebruik jou kennis van die Doppler-effek om die term *rooiverskuiwing* te verduidelik.

(3)  
[10]

**VRAAG 7 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

In die diagram hieronder is  $Q_1$ ,  $Q_2$  en  $Q_3$  drie stilstaande puntladings wat op 'n reguitlyn geplaas is. Die afstand tussen  $Q_1$  en  $Q_2$  is 1,5 m en dié tussen  $Q_2$  en  $Q_3$  is 1 m, soos in die diagram hieronder getoon.



7.1 Stel Coulomb se wet in woorde. (2)

7.2 Die grootte van lading  $Q_1$  en  $Q_2$  is onbekend. Die lading op  $Q_1$  is positief. Die lading op  $Q_3$  is  $+2 \times 10^{-6}$  C en dit ondervind 'n netto elektrostatische krag van 0,3 N na links.

7.2.1 Skryf die teken (POSITIEF of NEGATIEF) van lading  $Q_2$  neer. (2)

Lading  $Q_2$  word nou verwyder. Die grootte van die elektrostatische krag wat lading  $Q_3$  as gevolg van  $Q_1$  ondervind, word nou 0,012 N.

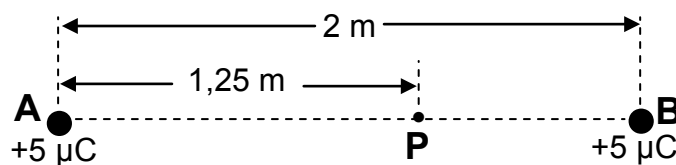
7.2.2 Bereken die groottes van die onbekende lading  $Q_1$  en  $Q_2$ . (7)  
[11]

**VRAAG 8 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

Twee klein identiese sfere, **A** en **B**, elk met 'n lading van  $+5 \mu\text{C}$ , word 2 m weg van mekaar geplaas.

Punt **P** is in die elektriese veld as gevolg van die gelaaiede sfere en is 1,25 m vanaf sfeer **A** geleë.

Bestudeer die diagram hieronder.



8.1 Beskryf die term *elektriese veld*. (2)

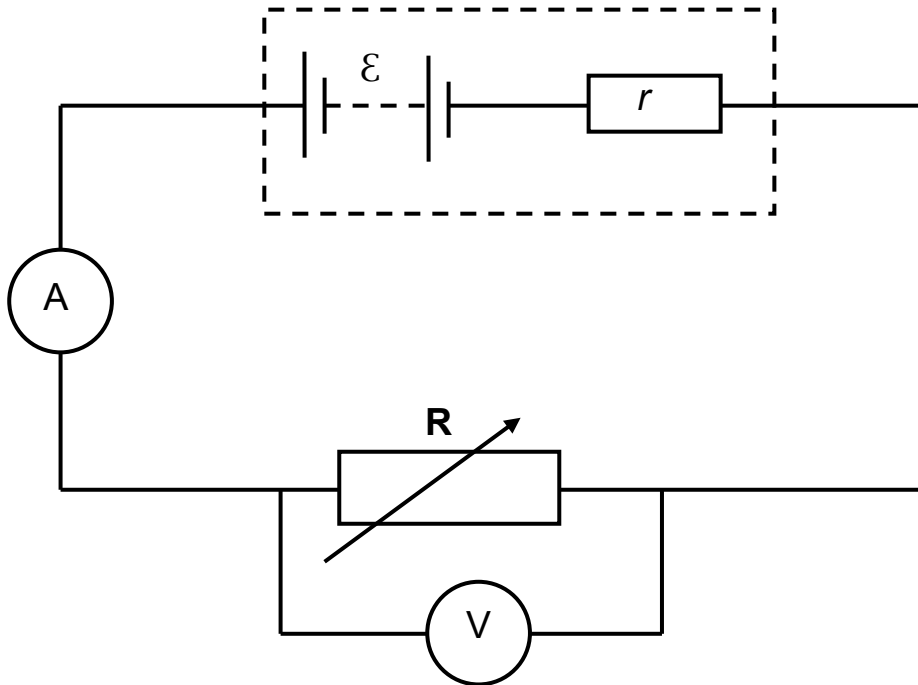
8.2 Teken die resulterende elektrieseveldpatroon as gevolg van die twee gelaaiede sfere. (3)

8.3 Bereken die grootte van die netto elektriese veld by punt **P**. (5)  
[10]

**VRAAG 9 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

9.1 Die emk en interne weerstand van 'n sekere battery is eksperimenteel bepaal.

Die stroombaan wat vir die eksperiment gebruik is, word in die diagram hieronder getoon.



9.1.1 Stel Ohm se wet in woorde. (2)

**Die data wat tydens die eksperiment verkry is, is op die aangehegte grafiekblad gestip.**

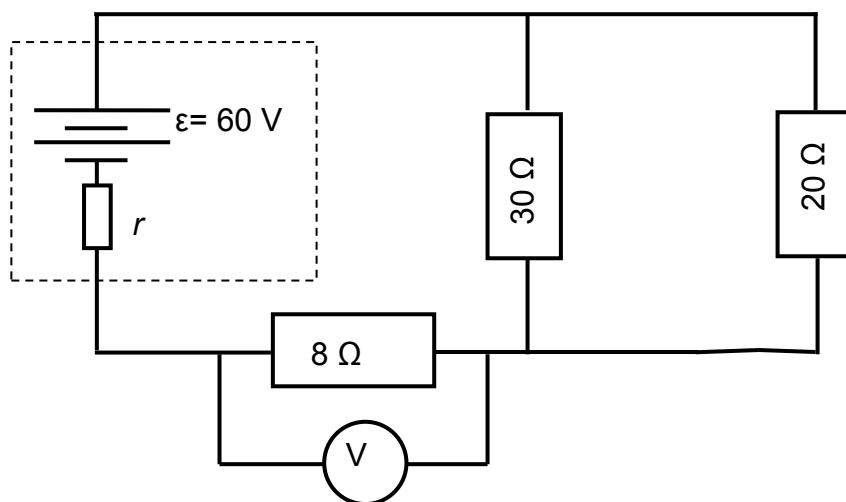
9.1.2 Trek die lyn van beste passing deur die gestipte punte. Maak seker dat die lyn albei asse sny. (2)

Gebruik inligting in die grafiek om VRAAG 9.1.3 en 9.1.4 te beantwoord.

9.1.3 Skryf die waarde van die emk ( $\epsilon$ ) van die battery neer. (1)

9.1.4 Bepaal die interne weerstand van die battery. (3)

- 9.2 Die stroombaandiagram hieronder toon 'n battery met 'n emk ( $\varepsilon$ ) van 60 V en 'n onbekende interne weerstand  $r$ , wat aan drie resistors verbind is.



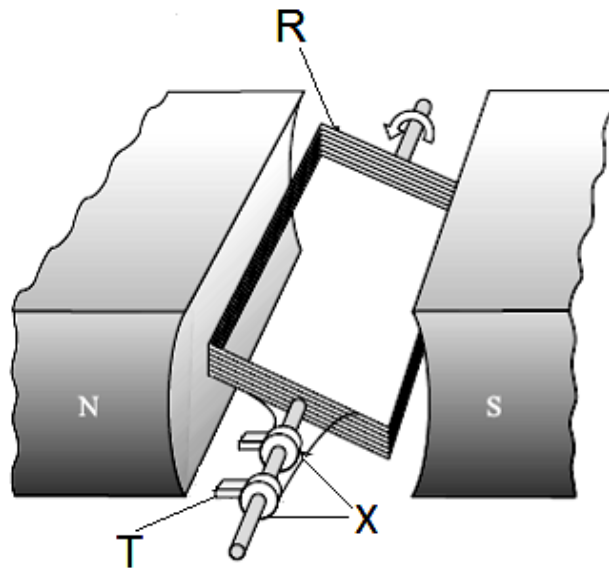
'n Voltmeter wat oor die  $8 \Omega$ -resistor verbind is se lesing is 21,84 V.

Bereken die:

- 9.2.1 Stroom in die  $8 \Omega$ -resistor (3)
- 9.2.2 Ekwivalente weerstand van die resistors in parallel (2)
- 9.2.3 Interne weerstand  $r$  van die battery (4)
- 9.2.4 Hitte wat binne 0,2 sekondes in die eksterne stroombaan verkwis word (3)
- [20]**

**VRAAG 10 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

10.1 Die diagram hieronder toon 'n vereenvoudigde weergawe van 'n generator.



10.1.1 Skryf die naam van ELKE onderdeel, **R**, **T** en **X**, neer. (3)

10.1.2 Gee die NAAM van die wet waarop die werking van die generator gebaseer is. (1)

10.2 'n WS-toevoer word aan 'n gloeilamp verbind. Die gloeilamp brand met dieselfde helderheid as wanneer dit aan 'n 15 V-battery verbind is.

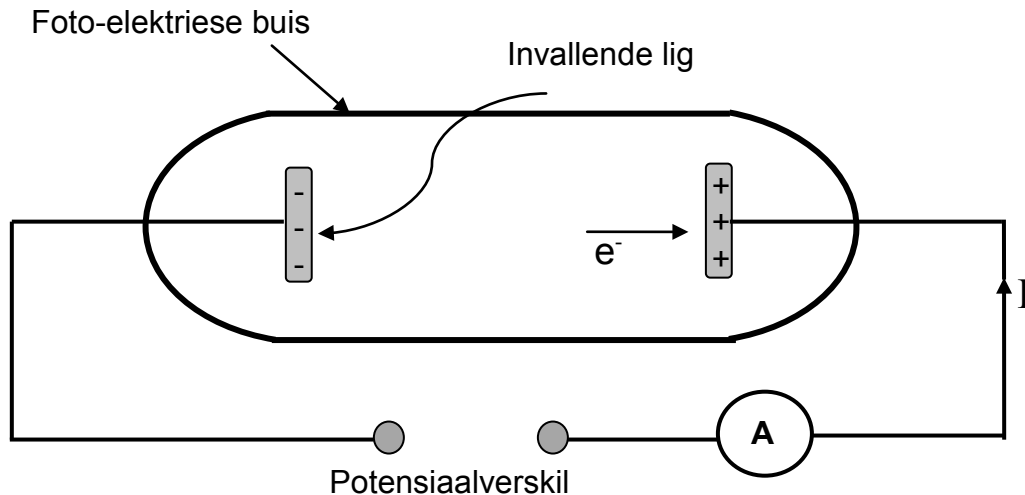
10.2.1 Skryf die wkg-waarde van die potensiaalverskil van die WS-toevoer neer. (1)

10.2.2 Indien die gloeilamp 'n weerstand van  $45 \Omega$  het, bereken die maksimum stroom wat aan die gloeilamp gelewer word. (4)

**[9]**

**VRAAG 11 (Begin op 'n nuwe bladsy.)**

'n Vereenvoudigde diagram van 'n apparaat vir 'n eksperiment om die foto-elektriese effek te ondersoek, word hieronder getoon. Lig met 'n vaste frekwensie val in op die katode van 'n foto-elektriese buis. Tydens die eksperiment lees die ammeter (**A**) die fotostroom.



11.1 Definieer die term *foto-elektriese effek*. (2)

Die intensiteit van die invallende lig word nou verhoog.

11.2 Noem hoe hierdie toename in intensiteit die lesing op die ammeter sal beïnvloed. Kies uit TOENEEM, AFNEEM of BLY DIESELFDE.

Gee 'n rede vir die antwoord. (3)

Wanneer die frekwensie van die invallende lig  $5,9 \times 10^{14}$  Hz is, is die maksimum aangetekende kinetiese energie van die foto-elektrone  $2,9 \times 10^{-19}$  J.

11.3 Bereken die maksimum golflengte (drumpelgolflengte) van die invallende lig wat 'n elektron vanaf die katode van die foto-elektriese buis sal vrystel. (5)

Die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde foto-elektrone verhoog wanneer lig van 'n hoër frekwensie gebruik word.

11.4 Gebruik die foto-elektriese vergelyking om hierdie waarneming te verduidelik. (2)  
[12]

**TOTAAL: 150**

**DATA FOR PHYSICAL SCIENCES GRADE 12  
PAPER 1 (PHYSICS)**

**GEGEWENS VIR FISIESE WETENSKAPPE GRAAD 12  
VRAESTEL 1 (FISIKA)**

**TABLE 1: PHYSICAL CONSTANTS/TABEL 1: FISIESE KONSTANTES**

NAME/NAAM	SYMBOL/SIMBOOL	VALUE/WAARDE
Acceleration due to gravity <i>Swaartekragversnelling</i>	g	9,8 m·s <sup>-2</sup>
Universal gravitational constant <i>Universele gravitasiekonstant</i>	G	6,67 x 10 <sup>-11</sup> N·m <sup>2</sup> ·kg <sup>-2</sup>
Speed of light in a vacuum <i>Spoed van lig in 'n vakuum</i>	c	3,0 x 10 <sup>8</sup> m·s <sup>-1</sup>
Planck's constant <i>Planck se konstante</i>	h	6,63 x 10 <sup>-34</sup> J·s
Coulomb's constant <i>Coulomb se konstante</i>	k	9,0 x 10 <sup>9</sup> N·m <sup>2</sup> ·C <sup>-2</sup>
Charge on electron <i>Lading op elektron</i>	e	-1,6 x 10 <sup>-19</sup> C
Electron mass <i>Elektronmassa</i>	m <sub>e</sub>	9,11 x 10 <sup>-31</sup> kg
Mass of the Earth <i>Massa van die Aarde</i>	M	5,98 x 10 <sup>24</sup> kg
Radius of the Earth <i>Radius van die Aarde</i>	R <sub>E</sub>	6,38 x 10 <sup>6</sup> m

**TABLE 2: FORMULAE/TABEL 2: FORMULES****MOTION/BEWEGING**

$v_f = v_i + a \Delta t$	$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$ or/of $\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$
$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$ or/of $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y$	$\Delta x = \left( \frac{v_i + v_f}{2} \right) \Delta t$ or/of $\Delta y = \left( \frac{v_i + v_f}{2} \right) \Delta t$

**FORCE/KRAG**

$F_{\text{net}} = ma$	$p = mv$
$f_s^{\text{max}} = \mu_s N$	$f_k = \mu_k N$
$F_{\text{net}} \Delta t = \Delta p$ $\Delta p = mv_f - mv_i$	$w = mg$
$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$ or/of $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	$g = G \frac{M}{d^2}$ or/of $g = G \frac{M}{r^2}$

**WORK, ENERGY AND POWER/ARBEID, ENERGIE EN DRYWING**

$W = F \Delta x \cos \theta$	$U = mgh$ or/of $E_p = mgh$
$K = \frac{1}{2} mv^2$ or/of $E_k = \frac{1}{2} mv^2$	$W_{\text{net}} = \Delta K$ or/of $W_{\text{net}} = \Delta E_k$ $\Delta K = K_f - K_i$ or/of $\Delta E_k = E_{kf} - E_{ki}$
$W_{\text{nc}} = \Delta K + \Delta U$ or/of $W_{\text{nc}} = \Delta E_k + \Delta E_p$	$P = \frac{W}{\Delta t}$
$P_{\text{ave}} = F v_{\text{ave}}$	

**WAVES, SOUND AND LIGHT/GOLWE, KLANK EN LIG**

$v = f \lambda$	$T = \frac{1}{f}$
$f_L = \frac{v \pm v_L}{v \pm v_s} f_s$ or/of $f_L = \frac{v \pm v_L}{v \pm v_b} f_b$	$E = hf$ or/of $E = h \frac{c}{\lambda}$
$E = W_0 + E_{k(\text{max})}$ where/waar	
$E = hf$ and/en $W_0 = hf_0$ and/en $E_{k(\text{max}/\text{maks})} = \frac{1}{2} m v_{\text{max}/\text{maks}}^2$	

**ELECTROSTATICS/ELEKTROSTATIKA**

$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$	$E = \frac{kQ}{r^2}$
$E = \frac{F}{q}$	$V = \frac{W}{q}$
$n = \frac{Q}{e}$ or/of $n = \frac{Q}{q_e}$	

**ELECTRIC CIRCUITS/ELEKTRIESE STROOMBANE**

$R = \frac{V}{I}$	emf ( $\epsilon$ ) = I(R + r) emk ( $\epsilon$ ) = I(R + r)
$R_s = R_1 + R_2 + \dots$ $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$	$q = I \Delta t$
$W = Vq$ $W = VI\Delta t$ $W = I^2R\Delta t$ $W = \frac{V^2\Delta t}{R}$	$P = \frac{W}{\Delta t}$ $P = VI$ $P = I^2R$ $P = \frac{V^2}{R}$

**ALTERNATING CURRENT/WISSELSTROOM**

$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ / $I_{wgk} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}}$	$P_{average} = V_{rms} I_{rms}$ / $P_{gemiddeld} = V_{wgk} I_{wgk}$
$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$ / $V_{wgk} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}}$	$P_{average} = I_{rms}^2 R$ / $P_{gemiddeld} = I_{wgk}^2 R$
	$P_{average} = \frac{V_{rms}^2}{R}$ / $P_{gemiddeld} = \frac{V_{wgk}^2}{R}$

**ANTWOORDBLAD**

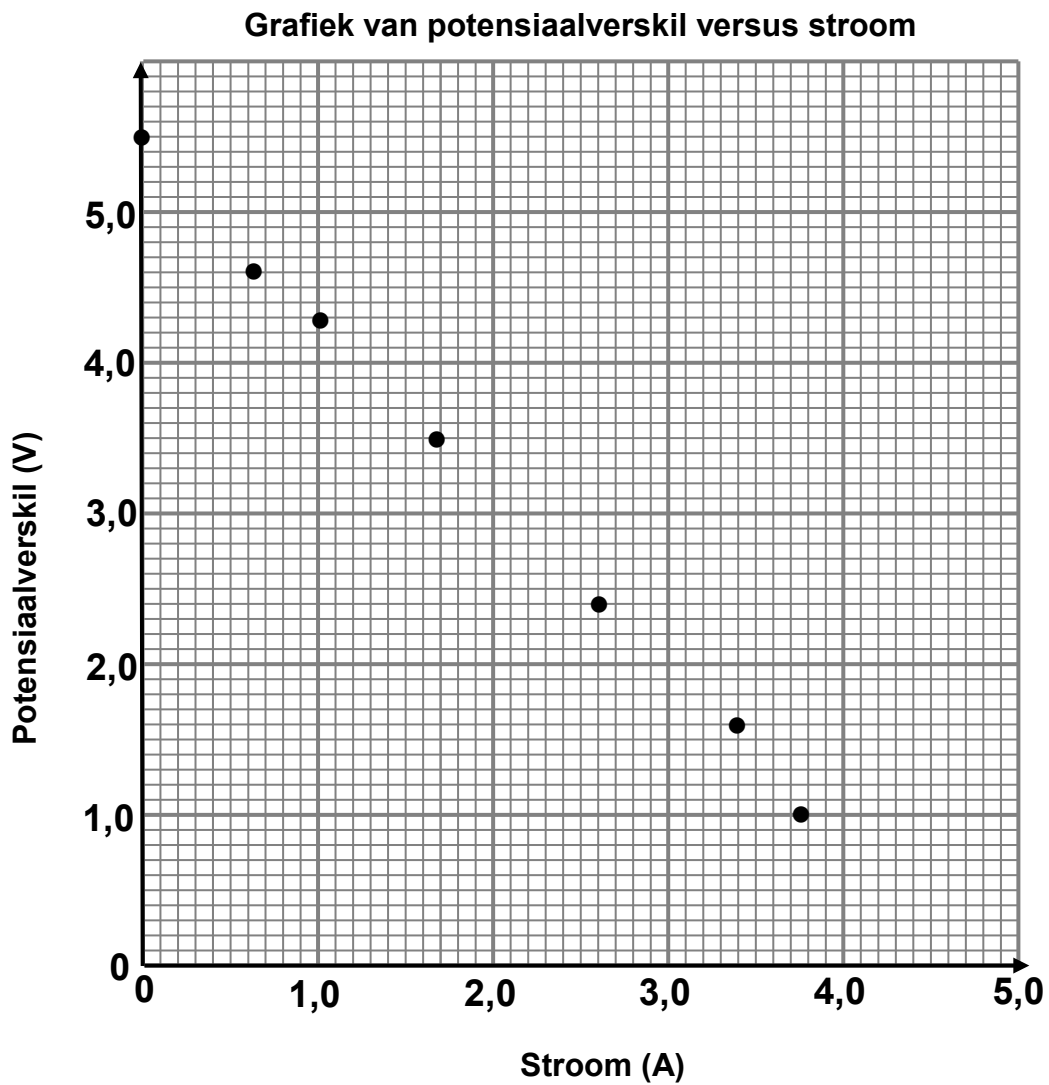
**SENTRUMNOMMER:**

--	--	--	--	--	--	--	--

**EKSAMENNOMMER:**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**VRAAG 9.1.2: PLAAS HIERDIE GRAFIEKBLAD IN JOU ANTWOORDEBOEK.**





# basic education

Department:  
Basic Education  
**REPUBLIC OF SOUTH AFRICA**

## **SENIOR CERTIFICATE EXAMINATION SENIORSERTIFIKAAT-EKSAMEN**

**PHYSICAL SCIENCES: PHYSICS (P1)  
FISIESE WETENSKAPPE: FISIKA (V1)**

**2017**

**MARKING GUIDELINES/NASIENRIGLYNE**

**MARKS/PUNTE: 150**

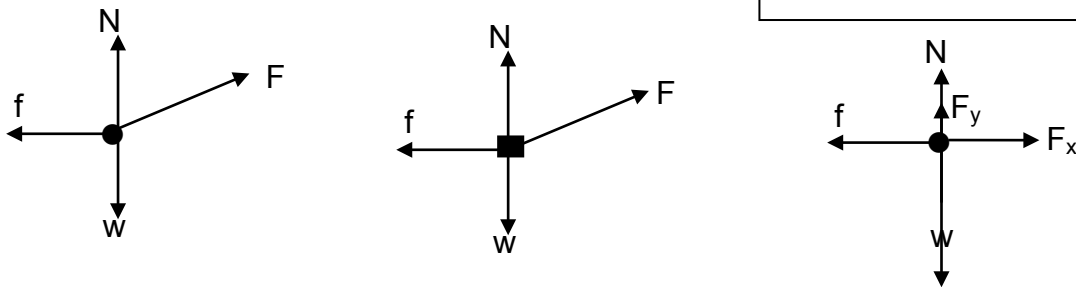
**These marking guidelines consist of 23 pages.  
Hierdie nasienriglyne bestaan uit 23 bladsye.**

**QUESTION/VRAAG 1**

- |      |      |             |
|------|------|-------------|
| 1.1  | D ✓✓ | (2)         |
| 1.2  | B ✓✓ | (2)         |
| 1.3  | D ✓✓ | (2)         |
| 1.4  | C ✓✓ | (2)         |
| 1.5  | D ✓✓ | (2)         |
| 1.6  | B ✓✓ | (2)         |
| 1.7  | C ✓✓ | (2)         |
| 1.8  | C ✓✓ | (2)         |
| 1.9  | B ✓✓ | (2)         |
| 1.10 | B ✓✓ | (2)         |
|      |      | <b>[20]</b> |

## QUESTION/VRAAG 2

2.1.1



ACCEPT/AANVAAR

Accepted labels/Aanvaarde benoemings		
w	$F_g/F_w$ /weight/mg/gravitational force $F_g/F_w$ /gewig/mg/gravitasiekrag	✓
f	Friction/ $F_f/f_k/3$ N/wrywing/ $F_w$	✓
N	Normal (force)/ $F_{normal}$ / $F_N/F_{normaal}/F_{reaction/reaksie}$	✓
F	$F_A/F_{applied/toegepas}$	✓

**Notes/Aantekeninge**

- Mark awarded for label and arrow/*Punt toegeken vir benoeming en pyltjie*
- Deduct 1 mark if arrow(s) is (are) missing/*Trek 1 punt af indien pylpunt(e) nie aangeheg is nie*
- Do not penalise for length of arrows since drawing is not to scale./*Moenie vir die lengte van die pyltjies penaliseer nie aangesien die tekening nie volgens skaal is nie*
- Any other additional force(s)/*Enige ander addisionele krag(te) Max/Maks  $\frac{3}{4}$*
- If force(s) do not make contact with body/*Indien krag(te) nie met die voorwerp kontak maak nie: Max/Maks:  $\frac{3}{4}$*

(4)

2.1.2  $f_k = \mu_k N$  ✓ (can use  $F_N$  for N in equation/ kan  $F_N$  vir N gebruik in vergelyking)

$3 = (0,2)N$  ✓

$N = 15 \text{ N}$  ✓

(3)

2.1.3 **POSITIVE MARKING FROM QUESTION 2.1.2****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 2.1.2**

$F_{net} = ma$

$N + F_{vert} - w = 0$

$N + F_{vert} = w$

✓ any of the three/enige van die drie

$F \sin 20^\circ = (2)(9,8) - 15$  ✓

$F = 13,45 \text{ N}$  ✓

(4)

2.1.4 **POSITIVE MARKING FROM QUESTION 2.1.3****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 2.1.3**

$F_{net} = ma$

$F \cos 20^\circ - f = ma$

✓ any of the two/enige van die twee

$13,45 \cos 20^\circ - 3 = 2a$  ✓

$a = 4,82 \text{ m.s}^{-2}$  ✓

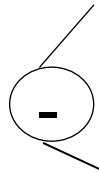
(3)

2.2

2.2.1 Any two particles (objects) in the universe will attract each other with a force which is directly proportional to the product of the masses ✓ and inversely proportional to the square of the distance between them (their centres). ✓

*Enige twee deeltjies (voorwerpe) in die heelal sal mekaar aantrek met 'n krag wat direk eweredig is aan die produk van hul massas en omgekeerd eweredig is aan die kwadraat van die afstand tussen hul (middelpunte).* (2)

2.2.2 Increases/Neem toe ✓



Gravitational force is inversely proportional to the square of the distance between the (centres of the) objects ✓

*Gravitasiekrag is omgekeerd eweredig aan die kwadraat van die afstand tussen die voorwerpe se middelpunte*

**OR/OF**

$$F \propto \frac{1}{r^2} \checkmark$$

(2)  
[18]

### QUESTION/VRAAG 3

3.1 The only force acting on the ball is the gravitational force. ✓✓

*Die enigste krag wat op die bal inwerk is die gravitasiekrag.*

**OR/OF**

The only force acting on the ball is its weight.

*Die enigste krag wat op die bal inwerk is sy gewig.*

**ACCEPT/AANVAAR**

The only force acting on the ball is gravity.

*Die enigste krag wat op die bal inwerk is gravitasie.* (2)

3.2.1

<p><b>OPTION 1/OPSIE 1</b>  <b>UPWARDS AS POSITIVE</b>  <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b>  <math>\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \checkmark</math>  <math>= (10)(3) + \frac{1}{2}(-9,8)(3^2) \checkmark</math>  <math>= -14,10</math>            Height of building = 14,10 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,10 m</i></p>	<p><b>DOWNWARDS AS POSITIVE</b>  <b>AFWAARTS AS POSITIEF</b>  <math>\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \checkmark</math>  <math>= (-10)(3) + \frac{1}{2} (9,8)(3^2) \checkmark</math>  <math>= 14,10 \text{ m } \checkmark</math>            Height of building = 14,10 m  <i>Hoogte van gebou = 14,10 m</i></p>
---	--

<p><b>OPTION 2/OPSIE 2</b>  <b>UPWARD AS POSITIVE</b>  <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b>            For maximum height  <i>Vir maksimum hoogte</i>  <math>v_f = v_i + a \Delta t</math>  <math>0 = 10 + (-9,8) \Delta t</math>  <math>\Delta t = 1,02 \text{ s}</math>             Time taken from point A to ground  <i>Tyd geneem vanaf punt A tot grond</i>  <math>= 3 - 2(1,02) = 0,96 \text{ s}</math>   <math>\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \checkmark</math>  <math>= (-10)(0,96) + \frac{1}{2} (-9,8)(0,96^2) \checkmark</math>  <math>= -14,1184</math>            Height of building = 14,12 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>	<p><b>UPWARD AS NEGATIVE</b>  <b>OPWAARTS AS NEGATIEF</b>            For maximum height  <i>Vir maksimum hoogte</i>  <math>v_f = v_i + a \Delta t</math>  <math>0 = -10 + (9,8) \Delta t</math>  <math>\Delta t = 1,02 \text{ s}</math>             Time taken from point A to ground  <i>Tyd geneem vanaf punt A tot grond</i>  <math>= 3 - 2(1,02) = 0,96 \text{ s}</math>   <math>\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \checkmark</math>  <math>= (10)(0,96) + \frac{1}{2} (9,8)(0,96^2) \checkmark</math>  <math>= 14,1184 \text{ m } \checkmark</math>            Height of building = 14,12 m  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>
--	--

<p><b>OPTION 3/OPSIE 3</b>  <b>UPWARD AS POSITIVE</b>  <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b>  <math>v_f = v_i + a \Delta t</math>  <math>= 10 + (-9,8)(3)</math>  <math>= -19,40</math>   <math>v_f^2 = v_i^2 + 2 a \Delta y \checkmark</math>  <math>(-19,4)^2 = (10)^2 + 2(-9,8) \Delta y \checkmark</math>  <math>\Delta y = -14,10 \text{ m}</math>            Height of building = 14,10 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,10 m</i></p>	<p><b>UPWARD AS NEGATIVE</b>  <b>OPWAARTS AS NEGATIEF</b>  <math>v_f = v_i + a \Delta t</math>  <math>= -10 + (9,8)(3)</math>  <math>= 19,40</math>   <math>v_f^2 = v_i^2 + 2 a \Delta y \checkmark</math>  <math>(19,4)^2 = (-10)^2 + 2(9,8) \Delta y \checkmark</math>  <math>\Delta y = 14,10 \text{ m } \checkmark</math>            Height of building = 14,10 m  <i>Hoogte van gebou = 14,10 m</i></p>
--	--

<p><b>OPTION 4/OPSIE 4</b>  <b>UPWARD AS POSITIVE</b>  <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f = v_i + a\Delta t$ $= (-10) + (-9,8)(0,96)$ $= -19,408$ $v_f^2 = v_i^2 + 2 a\Delta y \checkmark$ $(-19,408)^2 = (10)^2 + 2(-9,8)\Delta y \checkmark$ $\Delta y = 14,12 \text{ m}$ <p>Height of building = 14,12 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>	<p><b>UPWARD AS NEGATIVE</b>  <b>OPWAARTS AS NEGATIEF</b></p> $v_f = v_i + a\Delta t$ $= 10 + (9,8)(0,96)$ $= 19,408$ $v_f^2 = v_i^2 + 2 a\Delta y \checkmark$ $(19,408)^2 = (-10)^2 + 2(9,8)\Delta y \checkmark$ $\Delta y = 14,12 \text{ m} \checkmark$ <p>Height of building = 14,12 m  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>
---	---

<p><b>OPTION 5/OPSIE 5</b></p> $W_{\text{net}} = \Delta E_k = \Delta K$ $mg\Delta x \cos 0^\circ = \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)$ $(9,8)\Delta x = \frac{1}{2} (19,408^2 - 10^2) \checkmark$ $\Delta x = 14,12 \text{ m}$ <p>Height of building = 14,12 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">✓ any one/enige een</div> $v_f = v_i + a\Delta t$ $= 10 + (9,8)(3)$ $= 19,40$
---	--

<p><b>OPTION 6/OPSIE 6</b></p> $E_{\text{mechA}} = E_{\text{mechB}}$ $(E_k + E_p)_A = (E_k + E_p)_B$ $\frac{1}{2} mv^2 + mgh = \frac{1}{2} mv^2 + 0$ $\frac{1}{2}(10)^2 + (9,8)h = \frac{1}{2}(19,40)^2 \checkmark$ <p>Height of building = 14,12 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">✓ any one/enige een</div> $v_f = v_i + a\Delta t$ $= 10 + (9,8)(3)$ $= 19,40$
--	--

<p><b>OPTION 7/OPSIE 7</b></p> $W_{\text{nc}} = \Delta E_p + \Delta E_k \checkmark$ $0 = mg(h_f - h_i) + \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$ $0 = m(9,8)(0 - h_i) + \frac{1}{2}m(19,408^2 - 10^2) \checkmark$ <p>Height of building = 14,12 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math display="block">v_f = v_i + a\Delta t</math> <math display="block">= 10 + (9,8)(3)</math> <math display="block">= 19,40</math> </div>
---	--

<p><b>OPTION 8/OPSIE 8</b>  <b>UPWARD AS POSITIVE</b>  <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f = v_i + a\Delta t$ $= (10) + (-9,8)(3)$ $= -19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $\Delta y = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t \checkmark$ $\Delta y = \frac{(10 - 19,40)}{2} \cdot 3 \checkmark$ <p>Height of building = 14,12 m ✓  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>	<p><b>UPWARD AS NEGATIVE</b>  <b>OPWAARTS AS NEGATIEF</b></p> $v_f = v_i + a\Delta t$ $= 10 + (9,8)(3)$ $= 19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $\Delta y = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t \checkmark$ $\Delta y = \frac{(-10 + 19,40)}{2} \cdot 3 \checkmark$ <p><math>\Delta y = 14,12 \text{ m} \checkmark</math>      Height of building = 14,12 m  <i>Hoogte van gebou = 14,12 m</i></p>
--	--

(3)

3.2.2 **OPTION 1/OPSIE 1**

<p><b>UPWARDS AS POSITIVE</b> <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f = v_i + a\Delta t \checkmark$ $= (10) + (-9,8)(3) \checkmark$ $= -19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>	<p><b>DOWNWARDS AS POSITIVE</b> <b>AFWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f = v_i + a\Delta t \checkmark$ $= (-10) + (9,8)(3) \checkmark$ $= 19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>19,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>
<p><b>OPTION 2/OPSIE 2</b> <b>UPWARDS AS POSITIVE</b> <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x \checkmark$ $= (-10)^2 + 2(-9,8)(-14,1) \checkmark$ $v_f = 19,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$	<p><b>DOWNWARDS AS POSITIVE</b> <b>AFWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x \checkmark$ $= (10)^2 + 2(9,8)(14,1) \checkmark$ $v_f = 19,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$

**POSITIVE MARKING FROM QUESTION 3.2.1****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 3.2.1****OPTION 3/OPSIE 3**

<p><b>UPWARDS AS POSITIVE</b> <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $\Delta y = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t \checkmark$ $-14,12 = \frac{(10 + v_f)}{2} 3 \checkmark$ $v_f = 19,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>19,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>19,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>	<p><b>DOWNWARDS AS POSITIVE</b> <b>AFWAARTS AS POSITIEF</b></p> $\Delta y = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t \checkmark$ $+14,12 = \frac{(-10 + v_f)}{2} 3 \checkmark$ $v_f = 19,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>19,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>19,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>
---	--

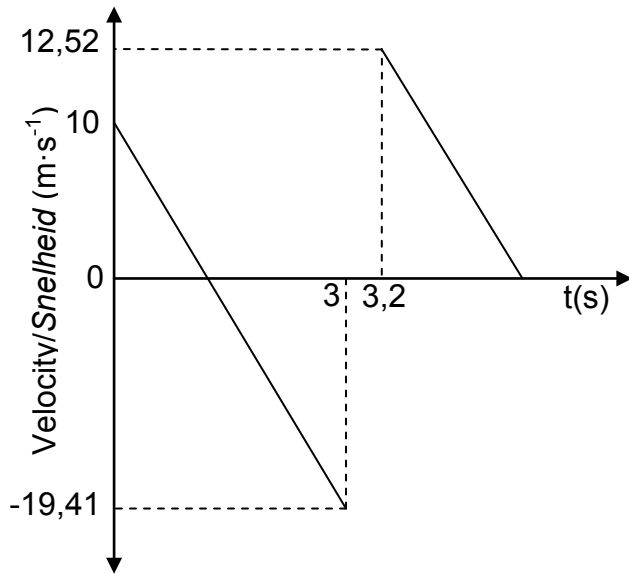
(3)

## 3.2.3

<p><b>OPTION 1/OPSIE 1</b> <b>UPWARDS AS POSITIVE</b> <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y \checkmark$ $0 = v_i^2 + (2)(-9,8)(8) \checkmark$ $v_i = 12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>	<p><b>DOWNWARDS AS POSITIVE</b> <b>AFWAARTS AS POSITIEF</b></p> $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y \checkmark$ $0 = v_i^2 + (2)(9,8)(-8) \checkmark$ $v_i = -12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>
<p><b>OPTION 2/OPSIE 2</b> <b>UPWARDS AS POSITIVE</b> <b>OPWAARTS AS POSITIEF</b></p> $\Delta x = v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$ $-8 = 0 + \frac{1}{2}(-9,8)\Delta t^2$ $\Delta t = 1,28 \text{ s}$ $v_f = v_i + a\Delta t \checkmark$ $0 = v_i + (-9,8)(1,28) \checkmark$ $v_i = 12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>	<p><b>DOWNWARDS AS POSITIVE</b> <b>AFWAARTS AS POSITIEF</b></p> $\Delta x = v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$ $8 = 0 + \frac{1}{2}(9,8)\Delta t^2$ $\Delta t = 1,28 \text{ s}$ $v_f = v_i + a\Delta t \checkmark$ $0 = v_i + (9,8)(1,28) \checkmark$ $v_i = -12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$ <p>Speed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math> Spoed = <math>12,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark</math></p>

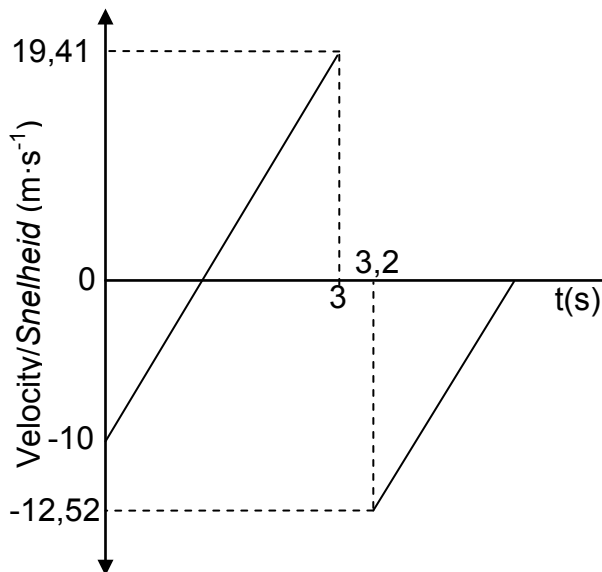
(3)

## 3.3 UPWARDS AS POSITIVE/OPWAARTS AS POSITIEF



<b>CHECKLIST FOR MARKING RIGLYNE VIR NASIEN</b>	
Each line correctly drawn with calculated velocities. 1 x 2 <i>Elke lyn korrek geteken met berekende waardes 1 x 2</i>	✓✓
Mark for lines being parallel <i>Twee parallelle lyne korrek geteken</i>	✓
Times 3 s and 3,2 s correctly shown <i>Tye 3 s en 3,2 s korrek getoon</i>	✓

## 3.3 DOWNWARDS AS POSITIVE/AFWAARTS AS POSITIEF



<b>CHECKLIST FOR MARKING RIGLYNE VIR NASIEN</b>	
Each line correctly drawn with calculated velocities. 1 x 2 <i>Elke lyn korrek geteken met berekende waardes 1 x 2</i>	✓✓
Mark for lines being parallel <i>Twee parallelle lyne korrek geteken</i>	✓
Times 3 s and 3,2 s correctly shown <i>Tye 3 s en 3,2 s korrek getoon</i>	✓

(4)  
[15]

**QUESTION/VRAAG 4**

4.1	<b><u>OPTION 1/OPSIE 1</u></b>	<b><u>OPTION 2/OPSIE 2</u></b>	<b><u>OPTION 2/OPSIE 2</u></b>
	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
	$= \frac{0,2}{0,4}$	$= \frac{0,4}{0,8}$	$= \frac{0,6}{1,2}$
	$= 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$= 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$= 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

✓ Formula/Formule

✓ Correct substitution in all three equations/Korrekte vervanging in al drie vergelykings

✓ Correct answer/korrekte antwoord

- If only two calculations used with correct answer, award 2/3  
*Indien slegs twee berekenings met korrekte antwoord gebruik word, ken 2/3 toe*
- If unit(s) omitted lose 1 mark./Indien eenhede weggelaat is verbeur 1 punt

**OPTION 2/OPSIE 2**

Trolley moves with equal displacements in equal time (intervals). (Full marks or zero)

*Trollie beweeg met gelyke verplasinge in gelyke tydintervalle (Vol punte of nul)*

(3)

4.2 The total linear momentum of a closed (isolated) system remains constant (is conserved).

*Die totale lineêre momentum in 'n geslote (geïsoleerde) sisteem bly konstant (is behoue).*

**OR/OF**

In an isolated system, the total linear momentum before collision is equal to the total linear momentum after collision

*In 'n geslote (geïsoleerde) sisteem is die totale lineêre momentum voor botsing gelyk aan die totale lineêre momentum na botsing.*

(2)

**NOTE:/LET WEL**

If the words “closed (isolated)” or “total” omitted, award 1/2.

*Indien die woorde “geslote (geïsoleerde)” of totaal weggelaat is, ken 1/2 toe*

### 4.3 POSITIVE MARKING FROM QUESTION 4.1/POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 4.1

<p><b>OPTION 1/OPSIE 1</b></p> $\Sigma p_i = \Sigma p_f$ $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 100px;">✓ Any one/Enige een</div>	
$(3,5)(0,5) \checkmark = (3,5 + 6)v_f \checkmark$ $v_f = v_{6\text{kg}}$ $= 0,184 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	
<p>For trolley B:/Vir trollie B:</p> $F_{\text{net}}\Delta t = \Delta p = m\Delta v \checkmark$ $F_{\text{net}}(0,5) = 6(0,184 - 0) \checkmark$ $F_{\text{net}} = 2,21 \text{ N (2,24 N)} \checkmark$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math display="block">F_{\text{net}} = ma</math> <math display="block">m \frac{(v_f - v_i)}{\Delta t} = (6) \frac{(0,184 - 0)}{0,05}</math> <math display="block">= 2,21 \text{ N}</math> </div>
<p><b>OPTION 2/OPSIE 2</b></p> $\Sigma p_i = \Sigma p_f$ $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 100px;">✓ Any one/Enige een</div>	
$(3,5)(0,5) \checkmark = (3,5 + 6)v_f \checkmark$ $v_f = v_{6\text{kg}}$ $= 0,184 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	
<p>For trolley B:/Trollie B:</p> $F_{\text{net}}\Delta t = \Delta p = m\Delta v \checkmark$ $F_{\text{net}}(0,5) = 6(0,184 - 0) \checkmark$ $F_{\text{net}} = 2,21 \text{ N (2,24 N)} \checkmark$	<p>For trolley A:/Trollie A:</p> $F_{\text{net}}\Delta t = \Delta p = m\Delta v \checkmark$ $F_{\text{net}}(0,5) = 3,5(0,184 - 0,5) \checkmark$ $F_{\text{net}} = -2,21 \text{ N (2,24 N)}$ <p>∴ Magnitude of the average net force experienced by trolley B = 2,21 N (2,24 N) ✓</p> <p>∴ Grootte van die gemiddelde netto krag deur trollie B ondervind = 2,21 N (2,24 N)</p>

(6)  
[11]

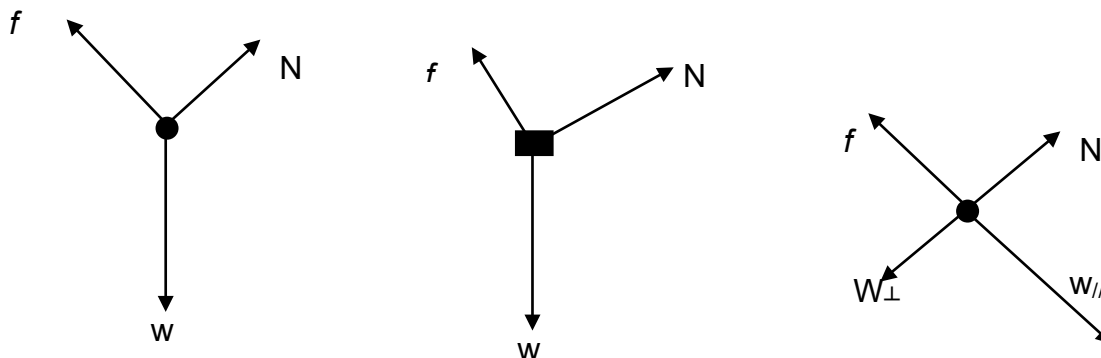
<p><b>OPTION 3/OPSIE 3</b></p> $\Sigma p_i = \Sigma p_f$ $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">       ✓ Any one/Enige een     </div>
$(3,5)(0,5) \checkmark = (3,5 + 6)v_{f\_} \checkmark$ $v_f = v_{6\text{kg}}$ $= 0,184 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$		
<p><u>For trolley B:/Trollie B:</u></p> $v_f = v_i + a\Delta t$ $0,184 = 0 + a(0,5)$ $a = 0,368 \text{ ms}^{-1}$ $F_{\text{net}} = ma \checkmark$ $= (6)(0,368)$ $= 2,21 \text{ N}$	<p><u>For trolley A:/Trollie A:</u></p> $v_f = v_i + a\Delta t$ $0,184 = 0,5 + a(0,5)$ $a = -0,632 \text{ ms}^{-1}$ $F_{\text{net}} = ma \checkmark$ $= (3,5)(-0,632)$ $= -2,21 \text{ N}$ <p>∴ Magnitude of the average net force experienced by trolley B = 2,21 N (2,24 N) ✓</p> <p>∴ Grootte van die gemiddelde netto krag deur trollie B ondervind = 2,21 N (2,24 N)</p>	

(6)  
[11]

**QUESTION/VRAAG 5**

5.1

ACCEPT/AANVAAR



Accepted labels/Aanvaarde benoemings		
w	$F_g/F_w$ /weight/mg/gravitational force $F_g/F_w$ /gewig/mg/gravitasiekrag	✓
f	Friction/ $F_f$ /50 N/wrywing/ $F_w$	✓
N	Normal force/ $F_{NORMAL}$ / $F_{NOR}$ / $F_{NORMAAL}$	✓

**Notes/Aantekeninge**

- Mark awarded for label and arrow/Punt toegeken vir benoeming en pyltjie
- Deduct 1 mark if arrow(s) is (are) missing/ Trek 1 punt af indien pylpunt(e) nie aangeheg is nie
- Do not penalise for length of arrows since drawing is not to scale./Moenie vir die lengte van die pyltjies penaliseer nie aangesien die tekening nie volgens skaal is nie Any other additional force(s)/Enige ander addisionele krag(te) Max/Maks 2
- If force(s) do not make contact with body/Indien krag(te) nie met die voorwerp kontak maak nie: Max/Maks:  $\frac{3}{4}$
- Award 1 mark if both resolved components of w are correct/Ken 1 punt toe indien beide komponente van w korrek is.

- 5.2 The net/total work done on an object equals the change in the object's kinetic energy. ✓✓  
Die netto/totale arbeid op 'n voorwerp verrig is gelyk aan die verandering in die voorwerp se kinetiese energie

**OR/OF**

- The work done by the net force equals the change in the object's kinetic energy. ✓✓  
Die arbeid verrig deur die netto krag is gelyk aan die voorwerp se verandering in kinetiese energie.

(2)

5.3

**OPTION 1/OPSIE 1**

$$W_{\text{net}} = \Delta E_K$$

$$f\Delta x \cos\theta + F_g \Delta x \cos\theta = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

✓ Any one/Enige een
---------------------

$$(50)(25\cos 180^\circ) \checkmark + (60)(9,8)(25\cos 70^\circ) \checkmark = \frac{1}{2}(60)(15^2 - v_i^2) \checkmark$$

$$-1\,250 + 5\,027,696 = 6\,750 - 30v_i^2$$

$$v_i = 9,95(4) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$$

**OPTION 2/OPSIE 2**

$$W_{\text{net}} = \Delta E_K$$

$$f\Delta x \cos\theta + F_{g\parallel} \Delta x \cos\theta = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

✓ Any one/Enige een
---------------------

$$(50)(25\cos 180^\circ) \checkmark + (60)(9,8\sin 20^\circ)(25\cos 0^\circ) \checkmark = \frac{1}{2}(60)(15^2 - v_i^2) \checkmark$$

$$-1\,250 + 5\,027,696 = 6\,750 - 30v_i^2$$

$$v_i = 9,95(4) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$$

**OPTION 3/OPSIE 3**

$$W_{\text{nc}} = \Delta E_K + \Delta E_P$$

$$f\Delta x \cos\theta = \frac{1}{2}(mv_f^2 - mv_i^2) + (mgh_Q - mgh_P)$$

$$E_{\text{mechP}} + E_{\text{mechQ}} + W_{\text{nc}} = 0$$

✓ Any one/Enige een
---------------------

$$(50)(25\cos 180^\circ) \checkmark = \frac{1}{2}(60)(15^2 - v_i^2) \checkmark + (60)(9,8)(-25\sin 20^\circ) \checkmark$$

$$-1\,250 = 6\,750 - 30v_i^2 - 5\,027,696$$

$$v_i = 9,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$$

(5)

**OPTION 4/OPSIE 4**

$$F_{\text{net}} = 201,11 - 50$$

$$= 151,11 \text{ N}$$

$$W_{\text{net}} = \Delta E_K \checkmark$$

$$F_{\text{net}} \Delta x \cos\theta = \frac{1}{2}(mv_f^2 - mv_i^2)$$

$$(151,11)(25)\cos 0^\circ \checkmark = \frac{1}{2}(15^2 - v_i^2) \checkmark$$

$$v_i = 9,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \checkmark$$

5.4

**POSITIVE MARKING FROM QUESTION 5.3****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 5.3****OPTION 1/OPSIE 1**

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ave/gemid}} &= F v_{\text{ave/gemid}} \checkmark \\
 &= 50 \checkmark \frac{(9,95 + 15)}{2} \checkmark \\
 &= 623,75 \text{ W} \checkmark
 \end{aligned}$$

**OPTION 2/OPSIE 2**

$$\left. \begin{aligned}
 P &= \frac{W}{\Delta t} \\
 P_f &= \frac{f \Delta x \cos \theta}{\Delta t}
 \end{aligned} \right\} \checkmark \text{ Any one/Enige een}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta x &= \frac{(v_i + v_f)}{2} \Delta t \\
 25 &= \frac{(9,95 + 15)}{2} \Delta t \checkmark \\
 \Delta t &= 2,004 \text{ s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{[50(25 \cos 180^\circ)]}{2,004} \checkmark \\
 &= -623,75 \text{ W} \text{ (- 625 W)} \\
 P_{\text{boy/seun}} &= 623,75 \text{ W} \text{ ( 625 W)} \checkmark
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{boy/seun}} &= \frac{F \Delta x \cos \theta}{\Delta t} \checkmark \\
 &= \frac{[50(25 \cos 0^\circ)]}{2,004} \checkmark \\
 &= 623,75 \text{ W} \checkmark
 \end{aligned}$$

**NOTE/LET WEL:**

Candidates can substitute -1 250 from QUESTION 5.3 directly into the equation

*Kandidate kan – 1 250 vanaf VRAAG 5.3 direk in die vergelyking vervang*

(4)  
[14]

**QUESTION/VRAAG 6**

6.1

- 6.1.1 It is the change in frequency (or pitch)✓ of the sound detected by a listener because the sound source and the listener have different velocities relative to the medium ✓of sound propagation.

**OR/OF**

An apparent change in frequency (pitch), (wavelength) ✓as a result of the relative motion between a source and an observer ✓(listener).

*Die skynbare verandering in frekwensie (toonhoogte) as gevolg van die relatiewe beweging tussen die bron en die waarnemer.*

(2)

6.1.2

$$f_L = \frac{v \pm v_L}{v \pm v_s} f_s \quad \text{OR/OF} \quad f_L = \frac{v}{v - v_s} f_s \quad \checkmark$$

$$365 = \frac{(340 + 0)}{(340 - v_s)} \checkmark \times 330 \quad \checkmark$$

$$v_s = 32,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \checkmark$$

(5)

6.2

According to the Doppler Effect if the star moves away ✓from the observer a lower frequency/longer wavelength ✓is detected. This lower frequency/longer wavelength corresponds to the red end of the spectrum ✓

*Volgens die Doppler-effek as die ster weg vanaf die waarnemer beweeg word 'n laer frekwensie/ langer golflengte waargeneem. Hierdie laer frekwensie/ langer golflengte stem ooreen met die rooi ent van die spektrum.*

(3)

**[10]****QUESTION/VRAAG 7**

7.1

The magnitude of the electrostatic force exerted by one point charge ( $Q_1$ ) on another point charge ( $Q_2$ ) is directly proportional to the product of the (magnitudes of the) charges ✓ and inversely proportional to the square of the distance (r) between them. ✓

*Die grootte van die elektrostatiese krag uitgeoefen deur een punt lading ( $Q_1$ ) op 'n ander puntlading ( $Q_2$ ) is direk eweredig aan die produk van die (groottes van die) ladings en omgekeerd eweredig aan die kwadraat van die afstand (r) tussen hulle.*

(2)

7.2.1 Negative/Negatief ✓✓

(2)

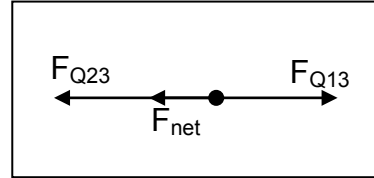
7.2.2  $F = k \frac{Q_1 Q_3}{r^2}$  ✓ (Accept/Aanvaar  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$ )

$$0,012 = \frac{(9 \times 10^9) Q_1 (2 \times 10^{-6})}{(2,5)^2}$$
 ✓

$$Q_1 = 4,17 \times 10^{-6} \text{ C}$$
 ✓

$$F_{\text{net}} = F_{Q_{13}} + F_{Q_{23}}$$
 ✓

$$-0,3 = 0,012 - \frac{(9 \times 10^9)(Q_2)(2 \times 10^{-6})}{1^2}$$
 ✓✓

**OR/OF**

$$0,3 = -0,012 + \frac{(9 \times 10^9)(Q_2)(2 \times 10^{-6})}{1^2}$$
 ✓✓

$$Q_2 = 1,73 \times 10^{-5} \text{ C}$$
 ✓

Do not penalise for the nature of the charges.  
 Moenie vir die aard van die ladings penaliseer nie.

(7)  
[11]

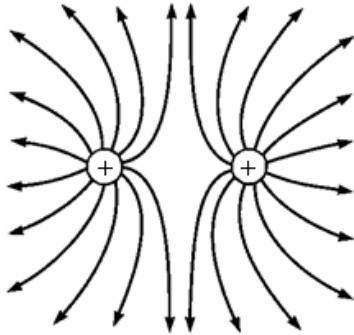
**QUESTION/VRAAG 8**

8.1 Electric field is a region of space in which an electric charge experiences a force. ✓✓

*Elektriese veld is 'n gebied in die ruimte waarin 'n elektriese lading 'n krag ondervind.*

(2)

8.2



Criteria for sketch/Kriteria vir skets	Marks/Punte
Correct shape as shown. <i>Korrekte vorm soos getoon.</i>	✓
Direction away from positive <i>Rigting weg van positief.</i>	✓
Field lines start on spheres and do not cross for correct diagram. <i>Veldlyne begin op elke sfeer en kruis nie.</i>	✓

(3)

8.3

$$E_{PA} = \frac{kQ}{r^2} \checkmark$$

$$= \frac{(9 \times 10^9)(5 \times 10^{-6})}{(1,25)^2} \checkmark$$

$$= 2,88 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \text{ to the right/na regs}$$

$$E_{PB} = \frac{kQ}{r^2}$$

$$= \frac{(9 \times 10^9)(5 \times 10^{-6})}{(0,75)^2} \checkmark$$

$$= 8,00 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \text{ to the left/na links}$$

$$E_{\text{net}} = E_{PA} + E_{PB}$$

$$= 2,88 \times 10^4 + (-8,00 \times 10^4)$$

$$= 5,12 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \checkmark$$

✓ Vector addition/Vektoroptelling
-----------------------------------

(5)  
[10]

**QUESTION/VRAAG 9**

- 9.1.1 The potential difference across a conductor is directly proportional to the current in the conductor at constant temperature ✓✓

*Die potensiaalverskil oor 'n geleier is direk eweredig aan die stroom deur die geleier by konstante temperatuur.*

**NOTE/LET WEL**

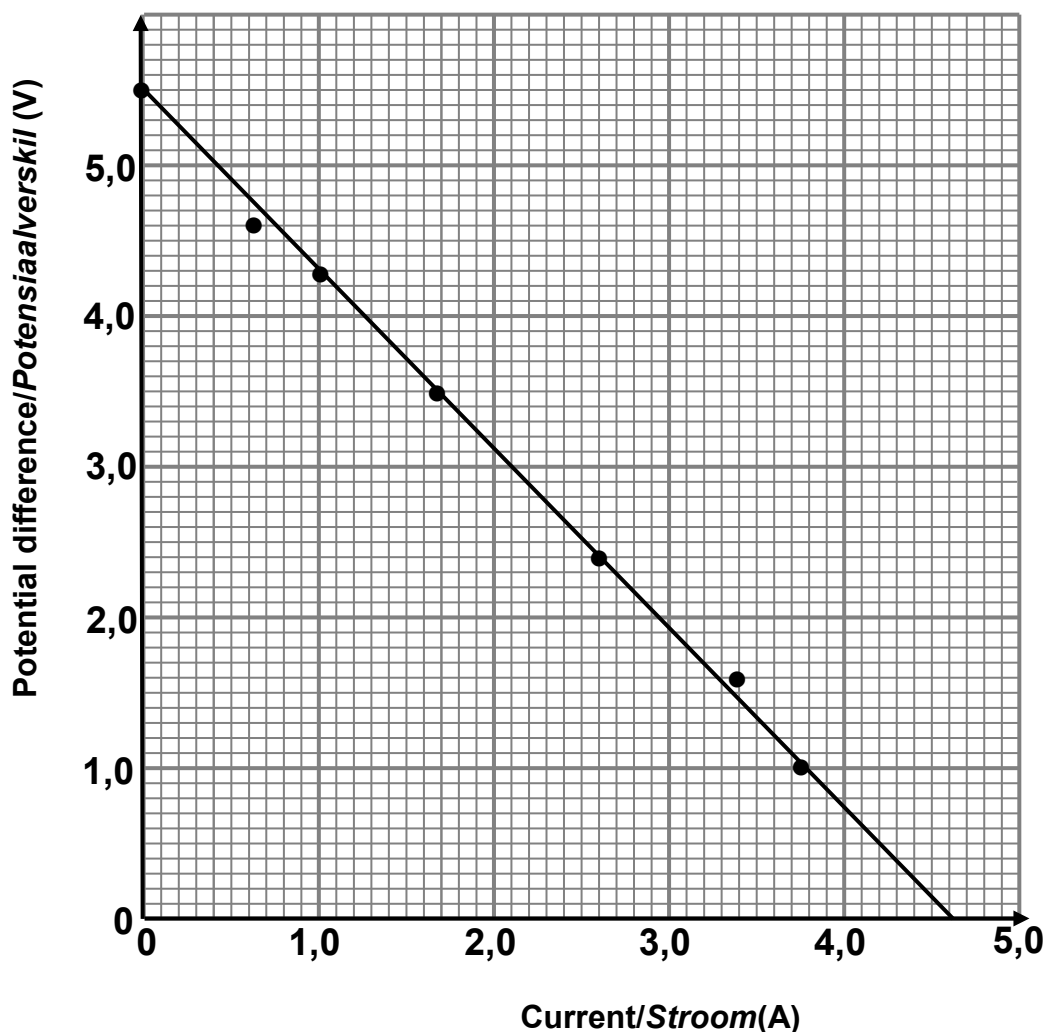
If constant temperature is omitted -1 mark

*Indien konstante temperatuur weggelaat word -1 punt*

(2)

- 9.1.2

**Graph of potential difference versus current**  
**Grafiek van potensiaalverskil teenoor stroom**



Straight line passing through 4 or five points ✓.

Straight line with intercepts on both axes ✓.

*Reguitlyn deur 4 of 5 punte*

*Reguitlyn met afsnitte op beide asse*

(2)

- 9.1.3 5,5 V (accept any value from /aanvaar enige waarde vanaf 5,4 V to/tot 5,6 V based on graph drawn/op die grafiek gebaseer.)

**NOTE /LET WEL :**

The value must be the y-intercept./ Die waarde moet die y-afsnit wees.

(1)

9.1.4

$$\text{Slope/helling} = \frac{\Delta V}{\Delta I} \text{ or/of } \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$= \frac{5,5-0}{0-4,6} = -1,2$$

Internal resistance/Interne weerstand ( $r$ ) = 1,2  $\Omega$  ✓**NOTE/LET WEL:**

Any correct pair of coordinates chosen from the line drawn

*Enige korrekte paar koördinate vanaf die getekende lyne gekies*For the equation  $\varepsilon = I(R + r)$  or  $\varepsilon = V_{\text{ext}} + Ir$  marks are awarded only if the correct  $I$  and  $V$  values are used from the graph*Vir die vergelyking  $\varepsilon = I(R + r)$  of  $\varepsilon = V_{\text{ext}} + Ir$  sal punte slegs toegeken word indien die korrekte waardes van  $I$  and  $V$  vanaf die grafiek gebruik is.*

(3)

9.2.1

$$\left. \begin{array}{l} R = \frac{V}{I} \\ I = \frac{V}{R} \\ V = IR \end{array} \right\}$$

✓ any of these/enige van hierdie

21,84 =  $I_{\text{tot}}$  (8) ✓

$I_{\text{tot}} = 2,73 \text{ A}$  ✓

(3)

9.2.2

**OPTION 1/OPSIE 1**

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{R_{30}} + \frac{1}{R_{20}}$$

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} \checkmark$$

$R_{\parallel} = 12 \Omega$  ✓

$$R_{\parallel} = \frac{R_{30} \times R_{20}}{R_{30} + R_{20}}$$

$$R_{\parallel} = \frac{30 \times 20}{50} \checkmark$$

$$= 12 \Omega \checkmark$$

(2)

9.2.3

**POSITIVE MARKING FROM QUESTION 9.2.1 AND 9.2.2****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 9.2.1 EN 9.2.2****OPTION 1/OPSIE 1**

$$R_{\text{tot}} = (8 + 12 + r) \quad (\text{for the addition/vir optelling})$$

$$= (20 + r)$$

$\varepsilon = I(R + r) \checkmark$

60 ✓ = (2,73)(20 + r) ✓

$\therefore r = 1,98 \Omega$  ✓

**POSITIVE MARKING FROM QUESTION 9.2.1****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 9.2.1****OPTION 2/OPSIE 2**

$$V_{||} = I_{\text{tot}} R_{||}$$

$$= (2,73)(12) \checkmark$$

$$= 32,76 \text{ V}$$

$$\therefore V_{\text{terminal}} = (32,76 + 21,84) \checkmark \text{ for addition/vir optelling}$$

$$= 54,6 \text{ V}$$

$$"V_{\text{lost}}" = 60 - 54,6 = 5,4 \text{ V}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$V = IR$$

✓ any of these/enige van hierdie

$$\mathcal{E} = V_{\text{lost}} + V_{||} + V_8$$

$$60 = (V_{\text{lost}} + 32,76 + 21,84) \checkmark$$

$$V_{\text{lost}} = 5,4 \text{ V}$$

$$5,4 = 2,73 r$$

$$r = 1,98 \Omega \checkmark$$

**NOTE/LET WEL:**

No penalisation for omitted subscripts

Geen penalisering vir weggelate onderskrifte nie

(4)

9.2.4

**POSITIVE MARKING FROM 9.2.1 AND 9.2.2****POSITIEWE NASIEN VANAF VRAAG 9.2.1 EN 9.2.2****OPTION 1/OPSIE 1**

$$W = \frac{V^2}{R} \Delta t \checkmark$$

$$W = \frac{(54,6)^2}{20} (0,2) \checkmark$$

$$= 29,81 \text{ J} \checkmark$$

**OPTION 2/OPSIE 2**

$$W = I^2 R \Delta t \checkmark$$

$$= (2,73)^2 (20)(0,2) \checkmark$$

$$= 29,81 \text{ J} \checkmark$$

**OPTION 3/OPSIE 3**

$$W = VI \Delta t \checkmark$$

$$= (54,6)(2,73)(0,2) \checkmark$$

$$= 29,81 \text{ J} \checkmark$$

(3)  
[20]

**QUESTION/VRAAG10**

- 10.1.1 **R:** armature/Coil(s)/Spoel✓  
**T:** (Carbon/Koolstof) brushes/borsels✓  
**X:** Slip rings/sleepringe✓

**NOTE/LETWEL:**

Answers must be in that order if R, T and X are omitted.

*Antwoorde moet in hierdie orde wees as R, T en X weggelaat*

(3)

- 10.1.2 Faraday's Law/Faraday se wet ✓

(1)

- 10.2.1 15 V✓

(1)

- 10.2.2

**OPTION 1/OPSIE 1**

$$V_{rms} = I_{rms} R$$

$$I_{rms} = \frac{15}{45} \checkmark$$

$$= 0,333 \text{ A}$$

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{max} = (0,333) \sqrt{2} \checkmark$$

$$= 0,47 \text{ A} \checkmark$$

✓ any one/enige een

**OPTION 2/OPSIE 2**

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{max} = (15) \sqrt{2} \checkmark$$

$$= 21,213 \text{ V}$$

$$V_{max} = I_{max} R$$

$$21,213 \checkmark$$

$$I_{max} = \frac{45}{\quad}$$

$$= 0,47 \text{ A} \checkmark$$

✓ any one/enige een

**OPTION 3/OPSIE 3**

$$I_{max} = I_{rms} \sqrt{2}$$

$$= \sqrt{2} \frac{V_{rms}}{R}$$

$$= \sqrt{2} \frac{V_{rms}}{R}$$

$$= \sqrt{2} \frac{15}{45} \checkmark \checkmark$$

$$= 0,47 \text{ A} \checkmark$$

✓ any one/enige een

**OPTION 4/OPSIE 4**

$$P_{\text{ave}} = \frac{V_{\text{rms}}^2}{R} = \frac{15^2}{45} = 5 \text{ W}$$

$$P_{\text{ave}} = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}$$

$$5 = (15) I_{\text{rms}} \checkmark$$

$$I_{\text{rms}} = 0,33 \text{ A}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

$$0,33 = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \checkmark$$

$$I_{\text{max}} = 0,47 \text{ A} \checkmark$$

✓ any one/enige een

(4)  
[9]**QUESTION/VRAAG 11**

11.1 It is the process whereby electrons are ejected from a (metal) surface when light of suitable frequency is incident on that surface. ✓✓

*Dit is die proses waarby elektrone vanaf die oppervlak van 'n metaal vrygestel word wanneer lig van geskikte frekwensie daarop skyn.*

(2)

11.2 INCREASE / TOENEEM ✓

– Increase in intensity means that (for the same frequency) the number of photons incident per unit time increase. ✓ Therefore the number of electrons ejected per unit time increases. ✓

Thus current increases.

*Toename in intensiteit beteken dat (vir dieselfde frekwensie) die aantal fotone per eenheid tyd neem toe. Dus sal die aantal elektrone per eenheid tyd vrygestel, toeneem.*

(3)

11.3

**OPTION 1/OPSIE 1**

$$\left. \begin{aligned} E &= W_0 + E_{k(\text{max})} \\ hf &= hf_0 + E_{k(\text{max})} \\ hf &= hf_0 + \frac{1}{2} mv^2 \\ E &= W_0 + \frac{1}{2} mv^2 \end{aligned} \right\} \checkmark \text{ Any one/Enige een}$$

$$(6,63 \times 10^{-34} \times 5,9 \times 10^{14}) \checkmark = \frac{(6,63 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)^2}{\lambda_0} + 2,9 \times 10^{-19} \checkmark$$

$$39,117 \times 10^{-20} - 2,9 \times 10^{-19} = \frac{19,89 \times 10^{-26}}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = 1,97 \times 10^{-6} \text{ m} \checkmark$$

**OPTION 2/OPSIE 2**

$$\left. \begin{aligned} E &= W_o + E_{k(\max)} \\ hf &= hf_o + E_{k(\max)} \\ hf &= hf_o + \frac{1}{2} mv^2 \\ E &= W_o + \frac{1}{2} mv^2 \end{aligned} \right\} \checkmark \text{Any one/Enige een}$$

$$(6,63 \times 10^{-34} \times 5,9 \times 10^{14}) \checkmark = (6,63 \times 10^{-34})f_o + 2,9 \times 10^{-19} \checkmark$$

$$f_o = 1,52 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$c = f_o \lambda_o$$

$$3 \times 10^8 = (1,52 \times 10^{14}) \lambda_o \checkmark$$

$$\lambda_o = 1,97 \times 10^{-6} \text{ m} \checkmark$$

(5)

**OPTION 3/OPSIE 3**

$$\left. \begin{aligned} E &= W_o + E_{k(\max)} \\ hf &= hf_o + E_{k(\max)} \\ hf &= hf_o + \frac{1}{2} mv^2 \\ E &= W_o + \frac{1}{2} mv^2 \end{aligned} \right\} \checkmark \text{Any one/Enige een}$$

$$(6,63 \times 10^{-34} \times 5,9 \times 10^{14}) \checkmark = W_o + 2,9 \times 10^{-19} \checkmark$$

$$W_o = 1,01 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_o = hf_o$$

$$1,01 \times 10^{-19} = (6,63 \times 10^{-34})f_o$$

$$f_o = 1,52 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$c = f_o \lambda_o$$

$$3 \times 10^8 = (1,52 \times 10^{14}) \lambda_o \checkmark$$

$$\lambda_o = 1,97 \times 10^{-6} \text{ m} \checkmark$$

- 11.4 From the photo-electric equation, for a constant work function, ✓ the maximum kinetic energy of the photoelectrons is proportional to the energy of the photons.✓

*Vanaf die foto-elektriese vergelyking is die maksimum kinetiese energie van die foto-elektrone eweredig aan die energie van die fotone vir 'n konstante arbeidsfunksie.*

(2)  
[12]