UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ - PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

K A T E D R A   F Y Z I K Y

IVO VOLF - PAVEL KABRHEL

Několik nápadů o volném pádu

Pracovní listy

HRADEC KRÁLOVÉ 2012

Obsah

Měření tíhového zrychlení g z volného pádu

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Změřte dobu pádu malé kuličky nebo kamínku z výšky *h*.

Pomůcky:

Malé těžší tělísko, stopky, nit, matice, krabice, korková zátka, metr

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu,se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Ze vztahu pro dráhu volného pádu $s = \frac{1}{2}gt^2$ lze určit tíhové zrychlení $g = \frac{2s}{t^2}$; stanoví-li se dráha volného pádu $s = h_0 - h$ a doba pádu *t*, tíhové zrychlení se vypočte z uvedeného vztahu. Nepřesnost výsledku nejvíce ovlivňuje přesnost měření času, proto se měření provádí několikrát, což lze zapsat:

$$2s_1 = gt_1^2,\ 2s_2 = gt_2^2,\ \text{atd.},\ \sum_{i=1}^{n} 2s_i = g\sum_{i=1}^{n} t_i^2,\ g = \frac{\sum 2s_i}{\sum t_i^2}$$

Výsledek ovlivňuje i způsob měření času, tedy umístění pozorovatele vzhledem ke startu a cíle tohoto pohybu. Získané hodnoty času závisejí na tom, jak velká je vzdálenost osoby dávající signál o počátku pádu od osoby s měřidlem. Je-li vzdálenost *d* a rychlost zvuku *c*, potom doba mezi signálem a začátkem měření je $t = \frac{d}{c}$, o kterou se nejméně naměřená hodnota liší.

Postup:

Vyjděte na balkón ve 3. nebo 4. poschodí, popřípadě na jiné vhodné vyvýšené místo a nejprve zvolte místo, odkud budete tělísko uvolňovat (pravděpodobně ve výšce zábradlí nad bezpečným místem dopadu). Spusťte dolů nit, na jejímž konci je upevněna matice, až se dotkne povrchu v místě, kde předpokládáte dopad tělíska. Na toto místo umístěte otevřenou papírovou krabici. Změřte dráhu. Zvolte 5 až 10 stejných tělísek, které budete postupně uvolňovat a měřit pomocí stopek nebo mobilního telefonu dobu pádu. K provedení jsou potřeba dvě osoby. Osoba měřící dobu volného pádu může stát dole u krabice (pozor na rozptyl dopadů), takže má místo ve vzdálenosti cca *h* od počátku pádu, informaci o dopadu tělíska má ale tzv. „z první ruky.“ U měřící osoby nahoře je to obráceně. Pokuste se popsat rozdíly a vysvětlit, jak místo měření ovlivní výsledek. Určete průměrnou hodnotu pádu tělísek s ohledem na místo měření času a stanovte tíhové zrychlení *g*. Pokus opakujte s korkovou zátkou. Jaký bude rozdíl?

Měření:

Měření dráhy *s* (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{s}$
Dráha s [m]											

Měření doby pádu tělísek - osoba měřící u místa dopadu (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\overline{t_1}$
Doba t_1[s]											

Rychlost zvuku ve vzduchu c = m·s^{-1}
Doba mezi signálem a začátkem měření $t_1' = \frac{d}{c} =$ s
Skutečná průměrná doba pádu tělísek$t_1 = \bar{t}_1 + t_1' =$ s

Měření doby pádu tělísek - osoba měřící nahoře (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\overline{t_2}$
Doba t_2[s]											

Doba mezi signálem a koncem měření $t_2' = \frac{d}{c} =$ s
Skutečná průměrná doba pádu tělísek$t_2 = \bar{t}_2 - t_2' =$ s

Tíhové zrychlení

Průměrná doba pádu tělísek$t = \frac{t_1+t_2}{2} =$ s
Tíhové zrychlení $g = \frac{2\bar{s}}{t^2} =$ m·s^{-2}

Měření doby pádu korkové zátky - osoba měřící u místa dopadu
(měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\overline{t_3}$
Doba t_3[s]											

Doba mezi signálem a začátkem měření je $t_3' = \frac{d}{c} =$ s
Skutečná průměrná doba pádu korkové zátky $t_3 = \bar{t}_3 + t_3' =$ s

Závěr:

Měření tíhového zrychlení *g* z volného pádu - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Změřte dobu pádu malé kuličky nebo kamínku z výšky *h*.

Pomůcky:

Malé těžší tělísko, stopky, nit, matice, krabice, korková zátka, metr

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt\ ,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Ze vztahu pro dráhu volného pádu $s = \frac{1}{2}gt^2$ lze určit tíhové zrychlení $g = \frac{2s}{t^2}$; stanoví-li se dráha volného pádu $s = h_0 - h$ a doba pádu *t*, tíhové zrychlení se vypočte z uvedeného vztahu. Nepřesnost výsledku nejvíce ovlivňuje přesnost měření času, proto se měření provádí několikrát, což lze zapsat:

$$2s_1 = gt_1^2,\ 2s_2 = gt_2^2, \text{atd.}, \sum_{i=1}^{n} 2s_i = g\sum_{i=1}^{n} t_i^2\ ,\ g = \frac{\sum 2s_i}{\sum t_i^2}$$

Výsledek ovlivňuje i způsob měření času, tedy umístění pozorovatele vzhledem ke startu a cíle tohoto pohybu. Získané hodnoty času závisejí na tom, jak velká je vzdálenost osoby dávající signál o počátku pádu od osoby s měřidlem. Je-li vzdálenost *d* a rychlost zvuku *c*, potom doba mezi signálem a začátkem měření je $t = \frac{d}{c}$, o kterou se nejméně naměřená hodnota liší.

Postup:

Vyjděte na balkón ve 3. nebo 4. poschodí, popřípadě na jiné vhodné vyvýšené místo a nejprve zvolte místo, odkud budete tělísko uvolňovat (pravděpodobně ve výšce zábradlí nad bezpečným místem dopadu). Spusťte dolů nit, na jejímž konci je upevněna matice, až se dotkne povrchu v místě, kde předpokládáte dopad tělíska. Na toto místo umístěte otevřenou papírovou krabici. Změřte dráhu. Zvolte 5 až 10 stejných tělísek, které budete postupně uvolňovat a měřit pomocí stopek nebo mobilního telefonu dobu pádu. K provedení jsou potřeba dvě osoby. Osoba měřící dobu volného pádu může stát dole u krabice (pozor na rozptyl dopadů), takže má místo ve vzdálenosti cca *h* od počátku pádu, informaci o dopadu tělíska má ale tzv. „z první ruky.“ U měřící osoby nahoře je to obráceně. Pokuste se popsat rozdíly a vysvětlit, jak místo měření ovlivní výsledek. Určete průměrnou hodnotu pádu tělísek s ohledem na místo měření času a stanovte tíhové zrychlení *g*. Pokus opakujte s korkovou zátkou. Jaký bude rozdíl?

Měření:

Měření dráhy *s* (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{s}$
Dráha s[m]	8,57	8,59	8,60	8,63	8,58	8,59	8,57	8,61	8,60	8,63	8,60

Měření doby pádu tělísek - osoba měřící u místa dopadu (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{t_1}$
Doba t_1[s]	1,31	1,22	1,36	1,33	1,41	1,28	1,35	1,43	1,26	1,24	1,32

Rychlost zvuku ve vzduchu $c =$ 340 m·s^{-1}
Doba mezi signálem a začátkem měření $t_1' = \frac{d}{c} = 0{,}0253$ s
Skutečná průměrná doba pádu tělísek $t_1 = \bar{t}_1 + t_1' = 1{,}35$ s

Měření doby pádu tělísek - osoba měřící nahoře (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{t_2}$
Doba t_2[s]	1,27	1,46	1,30	1,39	1,42	1,29	1,35	1,38	1,25	1,41	1,35

Doba mezi signálem a koncem měření $t_2' = \frac{d}{c} = 0{,}0253$ s
Skutečná průměrná doba pádu tělísek $t_2 = \bar{t}_2 - t_2' = 1{,}32$ s

Tíhové zrychlení

Průměrná doba pádu tělísek $t = \frac{t_1 + t_2}{2} = 1{,}34$ s
Tíhové zrychlení $g = \frac{2\bar{s}}{t^2} = 9{,}65$ m·s^{-2}

Měření doby pádu korkové zátky - osoba měřící u místa dopadu
(měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{t_3}$
Doba t_3[s]	1,64	1,67	1,59	1,71	1,63	1,57	1,66	1,62	1,69	1,7	1,65

Doba mezi signálem a začátkem měření je $t_3' = \frac{d}{c} = 0{,}0253$ s
Skutečná průměrná doba pádu korkové zátky $t_3 = \bar{t}_3 + t_3' = 1{,}67$ s

Závěr:

Při měření tíhového zrychlení pomocí volného pádu se většinou nedojde k příliš přesnému výsledku. Při malé počáteční výšce je měření silně ovlivněno reakční dobou člověka a jeho pozorovacími schopnostmi. Při větší počáteční výšce nepřesnost měření se zmenšuje, ale zároveň musí měřitel dávat velmi dobrý pozor, kde měření provádí, aby nezpůsobil úraz. Optimální by v tomto případě byla velmi hluboká studna s trochou vody na dně. Tím by nebyla potřeba druhá osoba, neboť o dopadu tělíska na hladinu by nikdo nemusel informovat. Měřící osoba by sama dopad slyšela. Problém opět nastane při měření s velkou počáteční výškou, kde již nelze zanedbat odpor vzduchu, který také nelze zanedbat při měření doby pádu malého tělesa z korku (malá korková zátka). Při počáteční výšce asi 8,5 m není velký rozdíl při měření doby v místě dopadu, nebo v počáteční výšce.

Určení tíhového zrychlení *g* z pohybu kuličky po nakloněné rovině

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Změřte hodnotu zrychlení kuličky při jejím pohybu po nakloněné rovině.

Pomůcky:

Dvě lišty, nebo jedna rohová lišta, těžší kulička o průměru asi 15 až 30 mm (např. z kuličkového ložiska), stopky, metr, dřevěný špalíček, nebo krabička od čaje

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2, \; v = gt, \; h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Volný pád lze „zpomalit“ pohybem po nakloněné rovině. Toho využil geniálně Galileo Galilei. Sklon nakloněné roviny je $\sin\alpha = \frac{h}{l}$. Z rozkladu tíhové síly *mg* plyne, že pohybová složka $F = ma = mg\sin\alpha$, odkud zrychlení pohybu po nakloněné rovině $a = g\sin\alpha$.

Obr. 1. Nakloněná rovina

Zrychlení *a* určíme z pohybu kuličky $s = \frac{1}{2}at^2$, tedy $a = \frac{2s}{t^2}$. Měření probíhá na kratší vzdálenosti, takže $t_0 = \frac{d}{c}$ dosahuje menších, doslova zanedbatelných hodnot. Výsledek můžeme získat i ze zákona zachování energie; pro případ pohybu kuličky musíme uvážit i valivý pohyb, takže místo vztahu $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ je nutno psát $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 = mgh$. Odtud plyne i vysvětlení některých nepřesností.

Postup:

Ze dvou lišt nebo tzv. rohové lišty (nejlépe dřevěné) si vyrobte žlábek, kterým budete pouštět kuličky. Kuličky jsou vhodné o průměru asi 15 až 30 mm (např. z kuličkového ložiska). Nakloněnou rovinu s klesáním 1:10 získáte podložením jednoho konce žlábku kouskem dřeva s tvarem průřezu zobrazeného na obr.2. Je možné taky použít krabičky od čaje s vhodně vyříznutým otvorem.

Obr. 2. Tvar průřezu špalíčku

Vyznačte si délku s od místa startu až k zarážce v dolní části nakloněné roviny a zjistěte dobu t pohybu kuličky, nejlépe pomocí stopek nebo mobilu. Určete zrychlení $a = \frac{2s}{t^2}$, $a = g \sin\alpha = gp$, kde p udává sklon nakloněné roviny. Odtud $g = \frac{a}{p}$. Měření opakujte alespoň 10krát, příslušnou hodnotu tíhového zrychlení určujte z průměrných hodnot s.

Měření:

Měření dráhy *s* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{s}$
Dráha s[m]											

Měření výšky *h* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{h}$
Výška h [m]											

Sklon nakloněné roviny $p = \frac{\bar{h}}{\bar{s}} =$

Měření doby pohybu kuličky (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{t}$
Doba t [s]											

Tíhové zrychlení

Průměrné zrychlení $a = \frac{2\bar{s}}{\bar{t}^2} =$ $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$
Tíhové zrychlení $g = \frac{a}{p} =$ $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Závěr:

Určení tíhového zrychlení *g* z pohybu kuličky po nakloněné rovině - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Změřte hodnotu zrychlení kuličky při jejím pohybu po nakloněné rovině.

Pomůcky:

Dvě lišty, nebo jedna rohová lišta, těžší kulička o průměru asi 15 až 30 mm (např. z kuličkového ložiska), stopky, metr, dřevěný špalíček, nebo krabička od čaje

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, h_0 počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Volný pád lze „zpomalit“ pohybem po nakloněné rovině. Toho využil geniálně Galileo Galilei. Sklon nakloněné roviny je $\sin\alpha = \frac{h}{l}$. Z rozkladu tíhové síly *mg* plyne, že pohybová složka $F = ma = mg\sin\alpha$, odkud zrychlení pohybu po nakloněné rovině $a = g\sin\alpha$.

Obr. 1. Nakloněná rovina

Zrychlení *a* určíme z pohybu kuličky $s = \frac{1}{2}at^2$, tedy $a = \frac{2s}{t^2}$. Měření probíhá na kratší vzdálenosti, takže $t_0 = \frac{d}{c}$ dosahuje menších, doslova zanedbatelných hodnot. Výsledek můžeme získat i ze zákona zachování energie; pro případ pohybu kuličky musíme uvážit i valivý pohyb, takže místo vztahu $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ je nutno psát $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 = mgh$. Odtud plyne i vysvětlení některých nepřesností.

Postup:

Ze dvou lišt nebo tzv. rohové lišty (nejlépe dřevěné) si vyrobte žlábek, kterým budete pouštět kuličky. Kuličky jsou vhodné o průměru asi 15 až 30 mm (např. z kuličkového ložiska). Nakloněnou rovinu s klesáním 1:10 získáte podložením jednoho konce žlábku kouskem dřeva s tvarem průřezu zobrazeného na obr.2. Je možné taky použít krabičky od čaje s vhodně vyříznutým otvorem.

Obr. 2. Tvar průřezu špalíčku

Vyznačte si délku s od místa startu až k zarážce v dolní části nakloněné roviny a zjistěte dobu t pohybu kuličky, nejlépe pomocí stopek nebo mobilu. Určete zrychlení $a = \frac{2s}{t^2}$, $a = g \sin\alpha = gp$, kde p udává sklon nakloněné roviny. Odtud $g = \frac{a}{p}$. Měření opakujte alespoň 10krát, příslušnou hodnotu tíhového zrychlení určujte z průměrných hodnot s.

Měření:

Měření dráhy *s* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{s}$
Dráha s[m]	1,991	1,990	1,991	1,991	1,990	1,989	1,991	1,990	1,990	1,991	1,990

Měření výšky *h* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{h}$
Výška h [m]	0,112	0,113	0,110	0,114	0,113	0,112	0,112	0,113	0,111	0,112	0,112

Sklon nakloněné roviny $p = \frac{\bar{h}}{\bar{s}} = 0{,}0563$

Měření doby pohybu kuličky (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{t}$
Doba t [s]	2,67	2,72	2,68	2,77	2,78	2,69	2,63	2,79	2,73	2,51	2,70

Tíhové zrychlení

Průměrné zrychlení $a = \frac{2\bar{s}}{\bar{t}^2} = 0{,}546\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Tíhové zrychlení $g = \frac{a}{p} = 9{,}7\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Závěr:

Při měření tíhového zrychlení pomocí nakloněné roviny je výsledek ovlivněn reakční dobou člověka a hlavně dobrou souhrou puštění (resp. dokutálení) kuličky a zapnutí (resp. vypnutí) měření doby stopkami. Nepřesné měření se dosáhne také při měření s krátkou nakloněnou rovinou, nebo při velmi malém (resp. velmi velkém) sklonu roviny. Velkou roli v přesnosti může hrát i kulička, není-li dostatečně těžká. Obecně při tomto měření lze dosáhnout dobrých výsledků.

Měření tíhového zrychlení *g* z pohybu matematického kyvadla

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete tíhové zrychlení z pohybu matematického kyvadla.

Pomůcky:

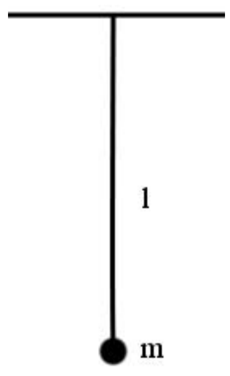
Matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režné niti), metr, stopky

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, h_0 počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Doba kmitu matematického kyvadla je dána vztahem $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, kde T je doba kmitu, l délka kyvadla. Odtud pro tíhové zrychlení platí $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.Označíme-li $\tau = \frac{T}{2}$ dobu kyvu, lze využít vztahu $g = \frac{\pi^2 l}{\tau^2}$, $50T = 100\tau$, což vede k jednoduššímu výpočtu. Dobu kmitu T, respektive dobu kyvu τ určíme z doby pro 50 kmitů kyvadla.



Obr. 3. Matematické kyvadlo

Postup:

Sestrojte matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režnou nit), zjistěte délku kyvadla (vzdálenost místa upevnění od středu matice). Dobu T kmitu, nebo τ kyvu měřte při průchodu tělíska na vlákně rovnovážnou polohou. Na základě konkrétního měření se zamyslete, jak zmenšit nepřesnost měření. Odhadněte, které veličiny změříte nepřesně. Kde je těžiště kyvadla?

Měření:

Měření délky kyvadla *l* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{l}$
Délka l [m]											

Měření doby kmitu T a doby kyvu τ (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T [s]											
Doba T [s]											
Doba τ[s]											

Tíhové zrychlení

Tíhové zrychlení $g = \frac{4\pi^2 \bar{l}}{\bar{T}^2} = \frac{\pi^2 \bar{l}}{\bar{\tau}^2} =$ $\quad$ $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Závěr:

Měření tíhového zrychlení *g* z pohybu matematického kyvadla - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete tíhové zrychlení z pohybu matematického kyvadla.

Pomůcky:

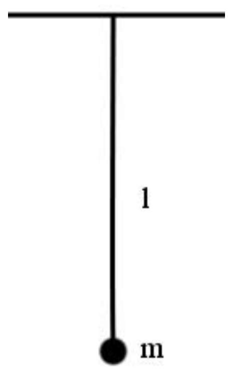
Matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režné niti), metr, stopky

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Doba kmitu matematického kyvadla je dána vztahem $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, kde T je doba kmitu, l délka kyvadla. Odtud pro tíhové zrychlení platí $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.Označíme-li $\tau = \frac{T}{2}$ dobu kyvu, lze využít vztahu $g = \frac{\pi^2 l}{\tau^2}$, $50T = 100\tau$, což vede k jednoduššímu výpočtu. Dobu kmitu *T*, respektive dobu kyvu τ určíme z doby pro 50 kmitů kyvadla.



Obr. 3. Matematické kyvadlo

Postup:

Sestrojte matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režnou nit), zjistěte délku kyvadla (vzdálenost místa upevnění od středu matice). Dobu T kmitu, nebo τ kyvu měřte při průchodu tělíska na vlákně rovnovážnou polohou. Na základě konkrétního měření se zamyslete, jak zmenšit nepřesnost měření. Odhadněte, které veličiny změříte nepřesně. Kde je těžiště kyvadla?

Měření:

Měření délky kyvadla *l* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{l}$
Délka *l* [m]	0,500	0,500	0,501	0,500	0,501	0,500	0,499	0,500	0,500	0,499	0,500

Měření doby kmitu *T* a doby kyvu *τ* (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T [s]	71,23	70,76	71,05	70,54	70,72	70,92	70,67	70,82	71,11	70,79	70,86
Doba T [s]	1,425	1,415	1,421	1,411	1,414	1,418	1,413	1,416	1,422	1,416	1,417
Doba τ[s]	0,712	0,708	0,711	0,705	0,707	0,709	0,707	0,708	0,711	0,708	0,709

Tíhové zrychlení

Tíhové zrychlení $g = \frac{4\pi^2 \bar{l}}{\bar{T}^2} = \frac{\pi^2 \bar{l}}{\bar{\tau}^2} = 9{,}82\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Závěr:

Těžší matici upevněnou na niti lze skutečně považovat za matematické kyvadlo. Zjištění doby jednoho kmitu pomocí měření 50 kmitů je docela přesná metoda, proto výsledné tíhové zrychlení se málo liší od skutečné hodnoty. Jediný problém je s měřením délky kyvadla, kdy nejprve musíme určit těžiště kyvadla (v našem případě střed matice) a teprve poté můžeme změřit délku kyvadla od jeho těžiště k závěsu.

Měření tíhového zrychlení *g* z pohybu matematického kyvadla II

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Změřte hodnotu tíhového zrychlení pomocí matematického kyvadla upřesněnou metodou.

Pomůcky:

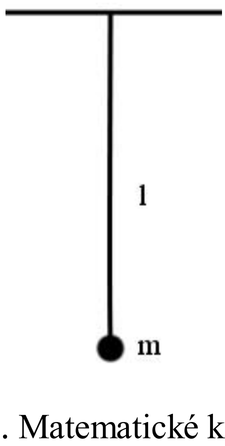
Matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režné niti), metr, stopky, překližka, nebo prkýnko, či pravítko

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Doba kmitu matematického kyvadla je dána vztahem $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, kde T je doba kmitu, l délka kyvadla. Odtud pro tíhové zrychlení platí $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.Označíme-li $\tau = \frac{T}{2}$ dobu kyvu, lze využít vztahu $g = \frac{\pi^2 l}{\tau^2}$, $50T = 100\tau$, což vede k jednoduššímu výpočtu. Dobu kmitu *T*, respektive dobu kyvu τ určíme z doby pro 50 kmitů kyvadla.



Obr. 3. Matematické kyvadlo

Délku kyvadla nikdy přesně nezměříme. Proto ji vyloučíme. Do destičky vyvrtáme tři od sebe vzdálené otvory tak, že vzdálenost dvou velmi malých otvorů „A“ a „B“ je d, třetí leží mimo spojnici prvních dvou otvorů, ale na téže přímce AB. Tento třetí otvor je o něco větší a provlékneme jím vlákno s maticí, na jehož druhém konci umístíme špendlík. Délka kyvadla v případě, že špendlík je v otvoru A, bude l_1, v případě B bude l_2, $l_1 - l_2 = d$, přičemž d změříme velmi přesně. Poté $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$, $l_1 = \frac{gT_1^2}{4\pi^2}$, $l_2 = \frac{gT_2^2}{4\pi^2}$, $l_1 - l_2 = d = \frac{g}{4\pi^2}\left(T_1^2 - T_2^2\right)$, $g = \frac{4\pi^2 d}{T_1^2 - T_2^2}$.

Postup:

Sestrojte matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režnou nit). Vytvořte si pomůcku. Potřebujete překližku, prkýnko nebo pravítko. Vyvrtejte do něj dva malé otvory „A“, „B“ a jeden o něco větší. Pomocí stopek nebo mobilu zjistěte dobu $50T = 100\tau$ a pokus alespoň pětkrát opakujte. Dobu T kmitu, nebo τ kyvu měřte při průchodu tělíska na vlákně rovnovážnou polohou. Hodnotu tíhového zrychlení vypočítejte z průměrné doby kmitu/kyvu.

Měření:

Měření vzdálenosti otvorů „A“ a „B“ (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{d}$
Vzdálenost d[m]											

Měření doby kmitu T_1 a doby kyvu τ_1 při délce kyvadla l_1 (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T_1[s]											
Doba T_1[s]											
Doba τ_1[s]											

Měření doby kmitu T_2 a doby kyvu τ_2 při délce kyvadla l_2 (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T_2[s]											
Doba T_2[s]											
Doba τ_2[s]											

Tíhové zrychlení

Tíhové zrychlení $g = \frac{4\pi^2 \bar{d}}{\bar{T}_1^2 - \bar{T}_2^2} =$ m·s^{-2}

Závěr:

Měření tíhového zrychlení *g* z pohybu matematického kyvadla II - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Změřte hodnotu tíhového zrychlení pomocí matematického kyvadla upřesněnou metodou.

Pomůcky:

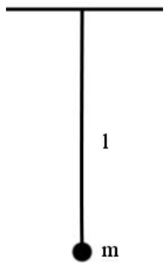
Matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režné niti), metr, stopky, překližka, nebo prkýnko, či pravítko

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Doba kmitu matematického kyvadla je dána vztahem $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, kde *T* je doba kmitu, *l* délka kyvadla. Odtud pro tíhové zrychlení platí $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.Označíme-li $\tau = \frac{T}{2}$ dobu kyvu, lze využít vztahu $g = \frac{\pi^2 l}{\tau^2}$, $50T = 100\tau$, což vede k jednoduššímu výpočtu. Dobu kmitu *T*, respektive dobu kyvu τ určíme z doby pro 50 kmitů kyvadla.



Obr. 3. Matematické kyvadlo

Délku kyvadla nikdy přesně nezměříme. Proto ji vyloučíme. Do destičky vyvrtáme tři od sebe vzdálené otvory tak, že vzdálenost dvou velmi malých otvorů „A“ a „B“ je *d*, třetí leží mimo spojnici prvních dvou otvorů, ale na téže přímce AB. Tento třetí otvor je o něco větší a provlékneme jím vlákno s maticí, na jehož druhém konci umístíme špendlík. Délka kyvadla v případě, že špendlík je v otvoru A, bude l_1, v případě B bude l_2, $l_1 - l_2 = d$, přičemž *d* změříme velmi přesně. Poté $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$, $l_1 = \frac{gT_1^2}{4\pi^2}$, $l_2 = \frac{gT_2^2}{4\pi^2}$, $l_1 - l_2 = d = \frac{g}{4\pi^2}\left(T_1^2 - T_2^2\right)$,

$$g = \frac{4\pi^2 d}{T_1^2 - T_2^2}.$$

Postup:

Sestrojte matematické kyvadlo (např. těžší matice upevněná na režnou nit). Vytvořte si pomůcku. Potřebujete překližku, prkýnko nebo pravítko. Vyvrtejte do něj dva malé otvory „A“, „B“ a jeden o něco větší. Pomocí stopek nebo mobilu zjistěte dobu $50T = 100\tau$ a pokus alespoň pětkrát opakujte. Dobu T kmitu, nebo τ kyvu měřte při průchodu tělíska na vlákně rovnovážnou polohou. Hodnotu tíhového zrychlení vypočítejte z průměrné doby kmitu/kyvu.

Měření:

Měření vzdálenosti otvorů „A“ a „B“ (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{d}$
Vzdálenost d[m]	0,220	0,221	0,221	0,220	0,220	0,220	0,221	0,220	0,220	0,221	0,220

Měření doby kmitu T_1 a doby kyvu τ_1 při délce kyvadla l_1 (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T_1[s]	65,12	65,59	66,52	65,25	65,20	65,23	65,47	66,31	65,47	65,19	65,54
Doba T_1[s]	1,302	1,312	1,330	1,305	1,304	1,305	1,309	1,326	1,309	1,304	1,311
Doba τ_1[s]	0,651	0,656	0,665	0,653	0,652	0,652	0,655	0,663	0,655	0,652	0,655

Měření doby kmitu T_2 a doby kyvu τ_2 při délce kyvadla l_2 (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T_2[s]	45,61	45,84	45,37	45,24	45,71	45,77	45,73	45,36	45,78	45,69	45,61
Doba T_2[s]	0,912	0,917	0,907	0,905	0,914	0,915	0,915	0,907	0,916	0,914	0,912
Doba τ_2[s]	0,456	0,458	0,454	0,452	0,457	0,458	0,457	0,454	0,458	0,457	0,456

Tíhové zrychlení

Tíhové zrychlení $g = \frac{4\pi^2 \bar{d}}{\bar{T}_1^2 - \bar{T}_2^2} = 9{,}79\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

Závěr:

Těžší matici upevněnou na niti lze skutečně považovat za matematické kyvadlo. Zjištění doby jednoho kmitu pomocí měření 50 kmitů je docela přesná metoda, proto výsledné tíhové zrychlení se velmi málo liší od skutečné hodnoty. Problém s měřením délky kyvadla je odstraněn, neboť se měří rozdíl délek dvou kyvadel.

Měření tíhového zrychlení *g* pomocí kyvadla od hodin

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete velikost tíhového zrychlení *g* použitím kmitů (kyvů) homogenní tyče.

Pomůcky:

Metr, stopky, delší tyč (80 až 150 cm)

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Kyvadla u hodin jsou zpravidla vyrobena z homogenní tyče všude téhož průřezu. Tyč koná harmonické kmity s dobou kmitu $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgd}}$, kde *J* je moment setrvačnosti a *d* je vzdálenost těžiště tyče od osy rotace. Jestliže osu rotace volíme na jednom konci kyvadla (prakticky však v blízkosti konce kyvadla) je $J = \frac{1}{3}ml^2$ a $d = \frac{l}{2}$. Po dosazení $T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{3}ml^2}{\frac{1}{2}m\lg}} = 2\pi\sqrt{\frac{2l}{3g}}$. Odtud tíhové zrychlení $g = \frac{2}{3}\frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{8\pi^2 l}{3T^2}$.

Postup:

Sežeňte si delší tyč (80 až 150 cm), nejlépe obdélníkového průřezu a těsně u jejího konce udělejte šikovně otvor, kterým provléknete hřebík délky asi 6 cm, jehož hlavičku odstraníte. Zvolte dále vhodné „lůžko“, v němž bude hřebík umístěn a kyvadlo bude kmitat. Určete dobu $50T = 100\tau$, z této doby pak dobu jednoho kmitu/kyvu. Pokus několikrát opakujte. Z průměrné doby kmitu určete hodnotu tíhového zrychlení.

Měření:

Měření délky kyvadla *l* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{l}$
Délka *l* [m]											

Měření doby kmitu *T* a doby kyvu *τ* (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 *T* [s]											
Doba *T* [s]											
Doba *τ*[s]											

Tíhové zrychlení

Tíhové zrychlení $g = \frac{8\pi^2 \bar{l}}{3\bar{T}^2} = \frac{2\pi^2 \bar{l}}{3\bar{\tau}^2} =$ m·s^{-2}

Závěr:

Měření tíhového zrychlení *g* pomocí kyvadla od hodin - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete velikost tíhového zrychlení *g* použitím kmitů (kyvů) homogenní tyče.

Pomůcky:

Metr, stopky, delší tyč (80 až 150 cm)

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme *s* dráhu pohybu, *h* okamžitou výšku, *t* dobu pohybu, *g* tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a *v* okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Kyvadla u hodin jsou zpravidla vyrobena z homogenní tyče všude téhož průřezu. Tyč koná harmonické kmity s dobou kmitu $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgd}}$, kde *J* je moment setrvačnosti a *d* je vzdálenost těžiště tyče od osy rotace. Jestliže osu rotace volíme na jednom konci kyvadla (prakticky však v blízkosti konce kyvadla) je $J = \frac{1}{3}ml^2$ a $d = \frac{l}{2}$. Po dosazení $T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{3}ml^2}{\frac{1}{2}m\lg}} = 2\pi\sqrt{\frac{2l}{3g}}$. Odtud tíhové zrychlení $g = \frac{2}{3}\frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{8\pi^2 l}{3T^2}$.

Postup:

Sežeňte si delší tyč (80 až 150 cm), nejlépe obdélníkového průřezu a těsně u jejího konce udělejte šikovně otvor, kterým provléknete hřebík délky asi 6 cm, jehož hlavičku odstraníte. Zvolte dále vhodné „lůžko“, v němž bude hřebík umístěn a kyvadlo bude kmitat. Určete dobu $50T = 100\tau$, z této doby pak dobu jednoho kmitu/kyvu. Pokus několikrát opakujte. Z průměrné doby kmitu určete hodnotu tíhového zrychlení.

Měření:

Měření délky kyvadla *l* (měřte s přesností na mm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{l}$
Délka *l* [m]	1,195	1,194	1,195	1,195	1,196	1,194	1,194	1,195	1,195	1,194	1,195

Měření doby kmitu *T* a doby kyvu *τ* (měřte s přesností na setiny)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Doba 50 T [s]	89,12	88,99	89,26	89,17	89,48	89,44	89,35	88,79	89,54	89,22	*89,24*
Doba T [s]	1,782	1,780	1,785	1,783	1,790	1,789	1,787	1,776	1,791	1,784	*1,785*
Doba τ[s]	0,891	0,890	0,893	0,892	0,895	0,894	0,894	0,888	0,895	0,892	0,892

Tíhové zrychlení

Tíhové zrychlení $g = \frac{8\pi^2 \bar{l}}{3\bar{T}^2} = \frac{2\pi^2 \bar{l}}{3\bar{\tau}^2} = 9{,}88\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Závěr:

Hodnota zjištěného tíhového zrychlení se blíží k hodnotě skutečného. Je to tím, že zjištění doby jednoho kmitu se provádí měřením 50 kmitů. Tím se dosáhne větší přesnosti měření. Důležité je, aby kyvadlo bylo zavěšené takřka na svém úplném konci, jinak měření bude nepřesné.

Měření reakční doby ruky

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete dobu reakce vašeho organismu na základě signálu „teď."

Pomůcky:

Malá kulička, metr

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, h_0 počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2, \; v = gt, \; h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Postup:

Položte ruku dlaní na stůl a kamarád vezme do ruky malou kuličku, kterou náhle uvolní nad vaší rukou tak, že se začne kulička pohybovat volným pádem. Uvolnění doprovází slovem „teď." Pokud jste pomalejší, dopadne kulička na vaši ruku, pokud jste rychlejší, stihnete rukou ucuknout a kulička dopadne na stůl. Pokus opakujte, aby kulička dopadla těsně v okamžiku, že se právě nedotkne vaší ruky. Kulička padá z výšky h, takže $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ je doba reakce vašeho organismu na podmět „teď." Pokus opakujte pro pravou i levou ruku.

Měření:

Měření výšky h_1, z které kulička padá na pravou ruku (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{h}_1$
Výška h_1[m]											

Měření výšky h_2, z které kulička padá na levou ruku (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{h}_2$
Výška h_2[m]											

Reakční doba ruky

Průměrná výška $h = \frac{\bar{h}_1 + \bar{h}_2}{2} =$ m

Reakční doba ruky $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} =$ s = ms

Závěr:

Měření reakční doby ruky - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete dobu reakce vašeho organismu na základě signálu „teď."

Pomůcky:

Malá kulička, metr

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Postup:

Položte ruku dlaní na stůl a kamarád vezme do ruky malou kuličku, kterou náhle uvolní nad vaší rukou tak, že se začne kulička pohybovat volným pádem. Uvolnění doprovází slovem „teď." Pokud jste pomalejší, dopadne kulička na vaši ruku, pokud jste rychlejší, stihnete rukou ucuknout a kulička dopadne na stůl. Pokus opakujte, aby kulička dopadla těsně v okamžiku, že se právě nedotkne vaší ruky. Kulička padá z výšky h, takže $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ je doba reakce vašeho organismu na podmět „teď." Pokus opakujte pro pravou i levou ruku.

Měření:

Měření výšky h_1, z které kulička padá na pravou ruku (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{h}_1$
Výška h_1[m]	0,29	0,28	0,31	0,34	0,29	0,28	0,27	0,29	0,31	0,32	0,30

Měření výšky h_2, z které kulička padá na levou ruku (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{h}_2$
Výška h_2[m]	0,35	0,37	0,34	0,36	0,35	0,35	0,34	0,36	0,37	0,35	0,35

Reakční doba ruky

Průměrná výška $h = \frac{\bar{h}_1 + \bar{h}_2}{2} = 0{,}33$ m

Reakční doba ruky $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0{,}26$ s

Závěr:

Doba mojí průměrné reakce na podnět (pád mince) je 0,26 s, přičemž reakční doba levé ruky je větší než pravé.

Měření reakční doby úchopu ruky

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete dobu reakce vašeho úchopu tyče.

Pomůcky:

Delší tyč (např. násada od koštěte), metr

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Postup:

Vezměte si asi 1,6 m dlouhou tyč (např. násadu od koštěte apod.), vyznačte si značkou umístění části ukazováčku na tyči, potom ruku rychle rozevřete, až se prsty narovnají, a znovu rychle tyč uchopte. Tuto dobu změříte stopkami velmi obtížně. Poměrně přesně dokážete zjistit, kam se posunulo na tyči místo úchopu. Vzdálenost obou míst, v nichž se ukazováček ruky dotýká tyče, označte d; potom $t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$ .Pokus proveďte levou i pravou rukou.

Měření:

Měření vzdálenosti d_1, při úchopu tyče pravou rukou (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{d}_1$
Vzdálenost d_1[m]											

Měření vzdálenosti d_2,při úchopu tyče levou rukou (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{d}_2$
Vzdálenost d_2[m]											

Reakční doba úchopu ruky

Průměrná vzdálenost $d = \frac{\bar{d}_1 + \bar{d}_2}{2} =$ m

Reakční doba úchopu ruky $t = \sqrt{\frac{2d}{g}} =$ s = ms

Závěr:

Měření reakční doby úchopu ruky - řešení

Jméno:	**Třída:**
Školní rok:	**Laboratorní práce číslo:**

Úkol:

Určete dobu reakce vašeho úchopu tyče.

Pomůcky:

Delší tyč (např. násada od koštěte), metr

Teorie:

Pádu volně puštěného tělesa v blízkosti povrchu Země, kdy se neuvažují odporové síly působící proti tomuto pohybu, se říká volný pád. Označíme s dráhu pohybu, h okamžitou výšku, t dobu pohybu, g tíhové zrychlení, $h_0$počáteční výšku tělesa a v okamžitou rychlost, poté platí:

$$s = \frac{1}{2}gt^2,\ v = gt,\ h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

Postup:

Vezměte si asi 1,6 m dlouhou tyč (např. násadu od koštěte apod.), vyznačte si značkou umístění části ukazováčku na tyči, potom ruku rychle rozevřete, až se prsty narovnají, a znovu rychle tyč uchopte. Tuto dobu změříte stopkami velmi obtížně. Poměrně přesně dokážete zjistit, kam se posunulo na tyči místo úchopu. Vzdálenost obou míst, v nichž se ukazováček ruky dotýká tyče, označte d; potom $t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$ .Pokus proveďte levou i pravou rukou.

Měření:

Měření vzdálenosti d_1, při úchopu tyče pravou rukou (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{d}_1$
Vzdálenost d_1[m]	0,27	0,23	0,19	0,25	0,28	0,21	0,25	0,27	0,20	0,17	0,23

Měření vzdálenosti d_2,při úchopu tyče levou rukou (měřte s přesností na cm)

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{d}_2$
Vzdálenost d_2[m]	0,39	0,35	0,32	0,34	0,37	0,31	0,36	0,34	0,29	0,35	0,34

Reakční doba úchopu ruky

Průměrná vzdálenost $d = \frac{\bar{d}_1 + \bar{d}_2}{2} = 0{,}29\ \mathrm{m}$

Reakční doba úchopu ruky $t = \sqrt{\frac{2d}{g}} = 0{,}24\ \mathrm{s}$

Závěr:

Doba mojí průměrné reakční doby úchopu tyče je 0,24 s, přičemž reakční doba levé ruky je větší než pravé.