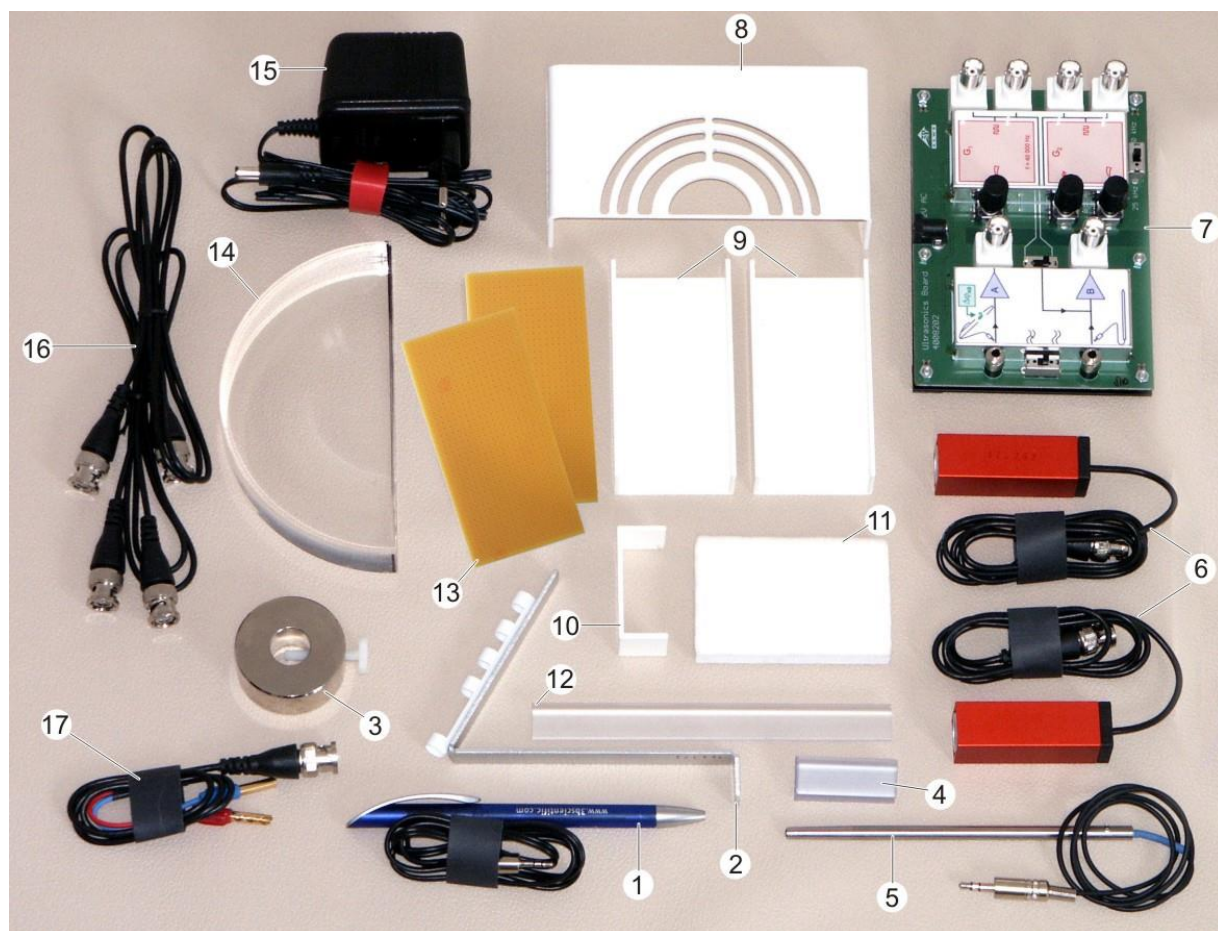


**Sada Vibrace a vlny**  
**Obj. č. 1167000**

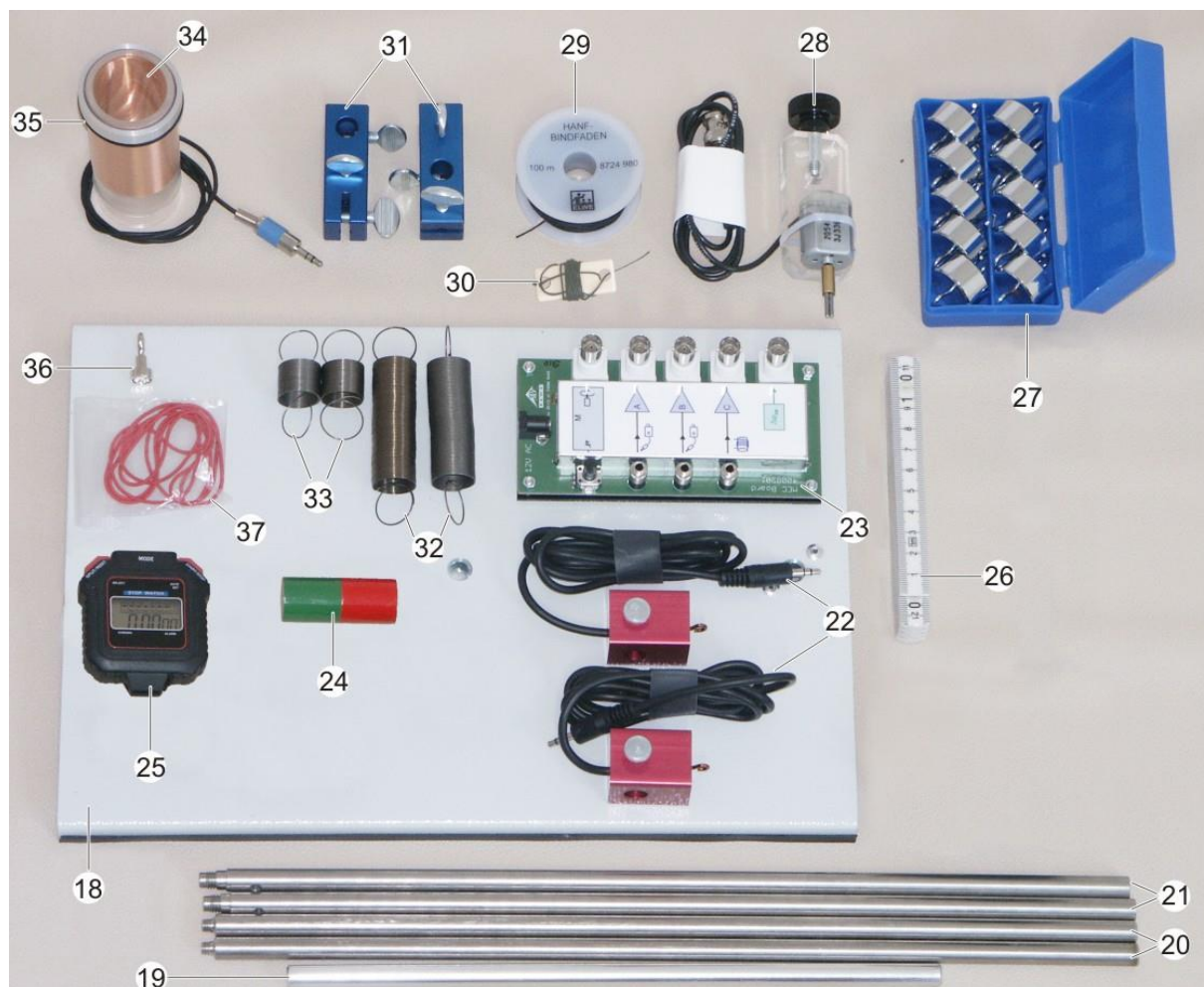


Ultrazvukové vlny



- |  |   |  |    |
|--|---|--|----|
| 1 UZ pero.....                                     | 1 | 1 středová stojina pro dvojitou štěrbinu ..... | 10 |
| 1 držák UZ pera.....                               | 2 | 1 absorbér ultrazvuku .....                    | 11 |
| 1 patka pro UZ pero.....                           | 3 | 1 svorka pro dvojitou štěrbinu.....            | 12 |
| 3 svorky pro rozdělovač proudu .....               | 4 | 2 rozdělovače proudu.....                      | 13 |
| 1 mikrofonní sonda.....                            | 5 | 1 vyduuté zrcadlo.....                         | 14 |
| 2 ultrazvukové vysílače 40 kHz.....                | 6 | 1 síťový adaptér .....                         | 15 |
| 1 provozní přístroj UZ.....                        | 7 | 2 kabely BNC, 1 m.....                         | 16 |
| 1 tabulka s Fresnelovými zónami .....              | 8 | 1 kabel BNC/ 4 mm.....                         | 17 |
| 2 boční díly pro dvojitou štěrbinu / reflektory .. | 9 |  |    |

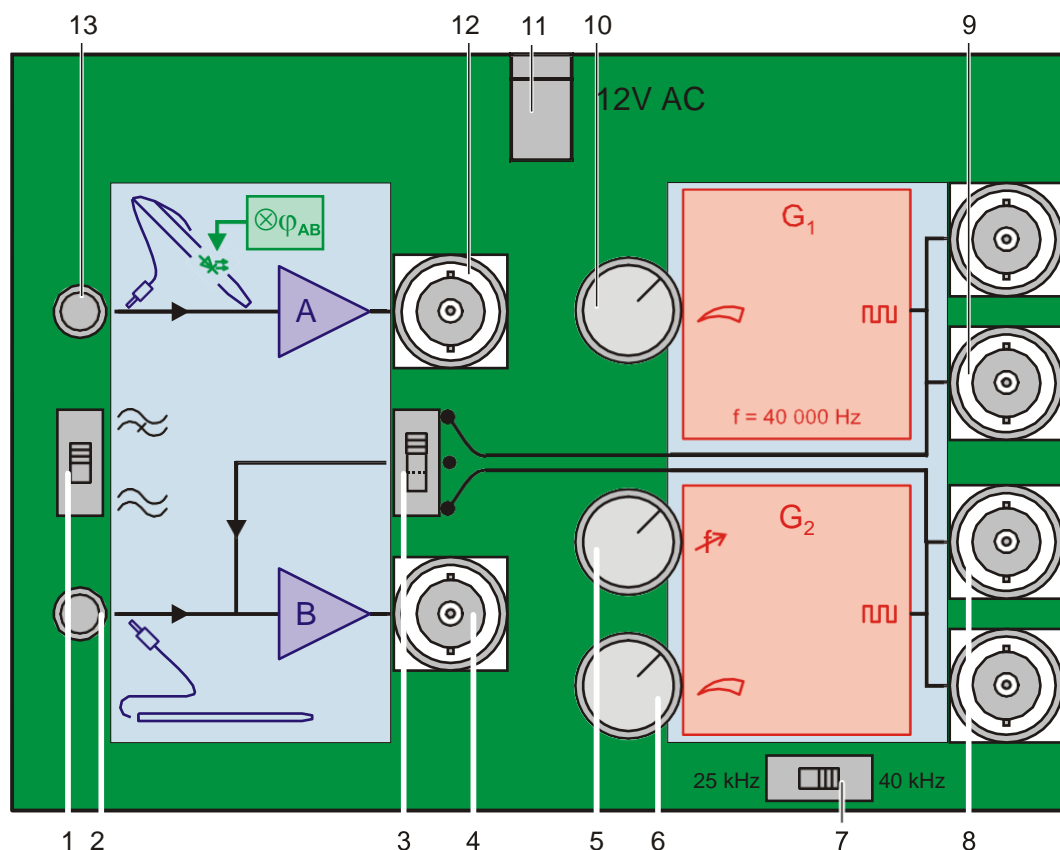
Mechanické kmitání a vlny



1 základní deska.....	18	1 motor s excentrem .....	28
1 příčná tyčka .....	19	1 cívka s konopnou nití .....	29
2 tyčky stativu s vnějším závitem .....	20	1 očko .....	30
2 tyčky stativu s vnějším a vnitřním závitem .....	21	2 dvojité objímky.....	31
2 dynamické silové snímače.....	22	2 spirálové pružiny II .....	32
1 provozní přístroj MEC.....	23	2 spirálové pružiny I .....	33
1 tyčový magnet .....	24	1 indukční cívka .....	34
1 stopky .....	25	1 zkratovací prstenec.....	35
1 skládací měřítko .....	26	1 magnetický háček .....	36
1 sada 10 závaží 50 g .....	27	1 gumové lanko.....	37

## Komponenty sady pro pokusy „Kmitání a vlny“

### Provozní přístroj UZ



- 1 spínač S1
- 2 vstup kanál B
- 3 spínač S2
- 4 výstup kanál B
- 5 nastavení frekvence generátoru G2
- 6 nastavení amplitudy generátoru G2
- 7 spínač S3
- 8 výstupy generátoru G2
- 9 výstupy generátoru G1
- 10 nastavení amplitudy generátoru G1
- 11 zdířka pro síťový adaptér
- 12 výstup kanál A
- 13 vstup kanál A

Provozní přístroj UZ slouží pro napájení ultrazvukového vysílače, pro zesílení signálů z mikrofonních sond a nebo UZ pera a pro řízení ukazatele fáze v UZ peru.

Provozní elektronika se skládá z dvoudílného generátorového bloku a dvoukanalového bloku zesilovače, který obsahuje funkční jednotku pro porovnávání fází mezi oběma kanály.

V generátorovém bloku jsou generována střídavá napětí pro ultrazvukový vysílač. Generátor G1 je stabilizován piezoelektrickým krystalem na 40,000 kHz, zatímco na generátoru G2 je k dispozici frekvence přepínatelná mezi 25 a 40 kHz, kterou je možné navíc měnit v rozsahu cca  $\pm 0,5\%$ . Oba generátory jsou vybaveny vždy jedním regulátorem amplitudy a dvěma paralelně zapojenými výstupními zásuvkami.



## Komponenty

V bloku zesilovače jsou zesilována elektrická napětí ultrazvukových sond a převáděna na BNC zásuvky. U obou kanálů je možné aktivovat horní propust a odfiltrvat tak složky zvuku s nízkou frekvencí.

Za vstupními zesilovači je funkční skupina, která porovnává signály kanálů A a B a převádí je na stejnosměrný proud přímo úměrný velikosti rozdílu mezi fázemi. Tento proud je přes vstupní zásuvku kanálu A veden na UZ pero. Pokud odpovídá rozdíl fází násobku 360°, svítí LED UZ pera pouze minimálně.

### Generátor G1:

frekvence:	40,000 kHz, stabilizace krystalem
amplituda:	nastavitelná
výstup:	2 zásuvky BNC, paralelně zapojené

### Generátor G2:

frekvenční rozsah 1:	cca 38 ... 42 kHz
frekvenční rozsah 2:	cca 24 ... 26 kHz
frekvenční rozsahy:	přepínatelné
amplituda:	nastavitelná
výstup:	2 zásuvky BNC, paralelně zapojené

### Zesilovač (kanál A a B):

vstupní odpor:	10 kΩ
předpětí:	8 V
zesílení	cca 100
výstupní odpor:	1 kΩ
frekvenční rozsah:	2 kHz ... 43 kHz (± 3dB) s horní propustí 2 Hz ... 43 kHz (± 3dB) bez horní propusti
vstupy:	zásuvka jack
výstupy:	zásuvka BNC

### Porovnání fází mezi A a B:

řídící proud pro UZ pero	0 ... 15 mA (DC)
napojení na B:	signál generátoru G1, signál generátoru G2 nebo vypnuto

### Všeobecná data:

elektrické napájení:	12 V AC, 500 mA ze síťového adaptéru
rozměry:	cca 100x140x45 mm <sup>3</sup>
hmotnost:	cca 500 g

ultrazvukový vysílač 40 kHz

Ultrazvukový vysílač koncipovaný pro uložení na pracovním stole s ultrazvukovým měničem v hliníkové trubce čtvercového průřezu, vnější stěna měniče lícuje s hranou výstupního otvoru. Slabá rezonanční charakteristika pro provoz ve frekvenčním rozsahu 1 generátoru G2 nebo při pevné frekvenci 40,000 kHz.

**Poznámka:** Frekvenční rozsah 2 provozní elektroniky UZ je možné využít pouze ve spojení se samostatným měničem, který není součástí dodávky sady.

vstupní napětí:	20 V AC RMS/ 70 V <sub>pp</sub> max.
impedance:	> 500 Ω
akustický tlak:	110 dB při 10 V
šířka pásma:	> 7 kHz / -90 dB
frekvence:	40 kHz (±1 kHz)
připojení:	zástrčka BNC
rozměry:	cca 20 x 20 x 60 mm <sup>3</sup>
délka kabelu:	cca 1 m

Mikrofonní sonda

**Varování:** Měnič v mikrofonní sondě je citlivý na vlhkost a mechanické vlivy.

- Nevystavujte měnič mechanickému zatížení a zabraňte jeho kontaktu s kapalinami.

Mikrofonní sonda koncipovaná pro uložení na pracovní stůl s měničem v tenké kovové trubičce, měnič je umístěn bezprostředně u vstupního otvoru.

frekvenční rozsah:	1 Hz až 43 kHz
výstup:	signál pro kanál A nebo B
připojení:	zástrčka jack 3,5 mm (hrot)
délka kabelu:	cca 1 m
rozměry:	cca 6 mm x 150 mm
hmotnost:	cca 25 g

## UZ pero

**Varování:** Měnič v UZ peru je citlivý na vlhkost a mechanické vlivy.

- Nevystavujte měnič mechanickému zatížení a zabraňte jeho kontaktu s kapalinami.

Ultrazvuková sonda s vestavěným měničem a doplňkovým fázovým ukazatelem ve formě LED, jehož řídicí proud je generován v závislosti na napětí signálů A a B provozní elektronikou. Jas LED je redukován na minimum, pokud odpovídá fázový rozdíl (posun) mezi měřeným bodem a vybraným referenčním bodem násobku 360°.

vstup fázového ukazatele

(pouze z kanálu A): 0 ... 15 mA (DC)

frekvenční rozsah: 1 Hz až 43 kHz

výstup: signál pro kanály A nebo B

připojení: zástrčka jack 3,5 mm  
vstup: prstenec  
výstup: hrot

délka kabelu: cca 1 m

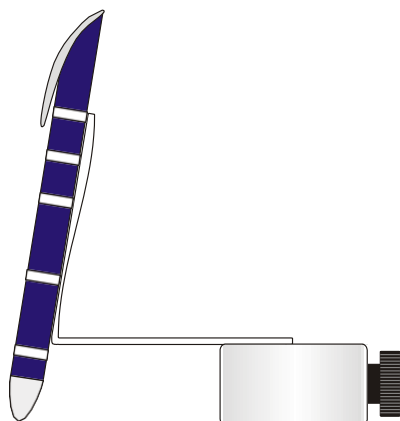
rozměry: cca 10 mm x 150 mm

hmotnost: cca 32 g bez držáku

## Držák a patka pro UZ pero

UZ pero je možné držet a vést v ruce nebo ho pro minimalizování rušivých odrazů upevnit do držáku

UZ pero je nutno v držáku polohovat tak, aby byl jeho otvor cca 1mm nad deskou stolu a směřoval ke zdroji ultrazvuku.



UZ pero s držákem a patkou

## Boční díly pro dvojitou štěrbinu / reflektory

Profilové díly pro instalaci dvojitě, respektive jednoduché štěrbině nebo pro použití jednotlivých reflektorů, respektive zrcadel.

rozměry: cca 100 x 20 x 50 mm<sup>3</sup>

## Středová stojina pro dvojitou štěrbinu

Profilový díl pro instalaci dvojitě štěrbině rozměry:

cca 20 x 20 x 50 mm<sup>3</sup>

## Svorka pro dvojitou štěrbinu

Svorka pro stabilizaci dvojitě, respektive jednoduché štěrbině.



Instalace a stabilizace dvojitě štěrbině

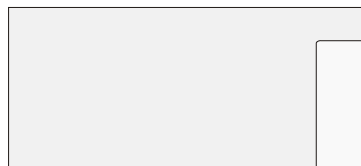
## Rozdělovač proudu

Částečně propouštějící a částečně odrážející z perforovaného plastu.

rozměry: cca 100 x 20 x 60 mm<sup>3</sup>

## Svorka pro rozdělovač proudu

Svorka pro podepření postaveného rozdělovače proudu z boku.



Svislá poloha rozdělovače proudu

## Vyduté zrcadlo

Vyduté zrcadlo z čirého plastu, určené pro instalaci na desku stolu.

ohnisková vzdálenost: 100 mm

poloměr křivosti: 200 mm

rozměry: cca 140 x 20 x 70 mm<sup>3</sup>

## Tabulka s Fresnelovými zónami

Tabulka s Fresnelovými zónami z plastu, určená pro instalaci na desku stolu.

ohnisková vzdálenost: 35 mm

rozměry: cca 140 x 20 x 50 mm<sup>3</sup>

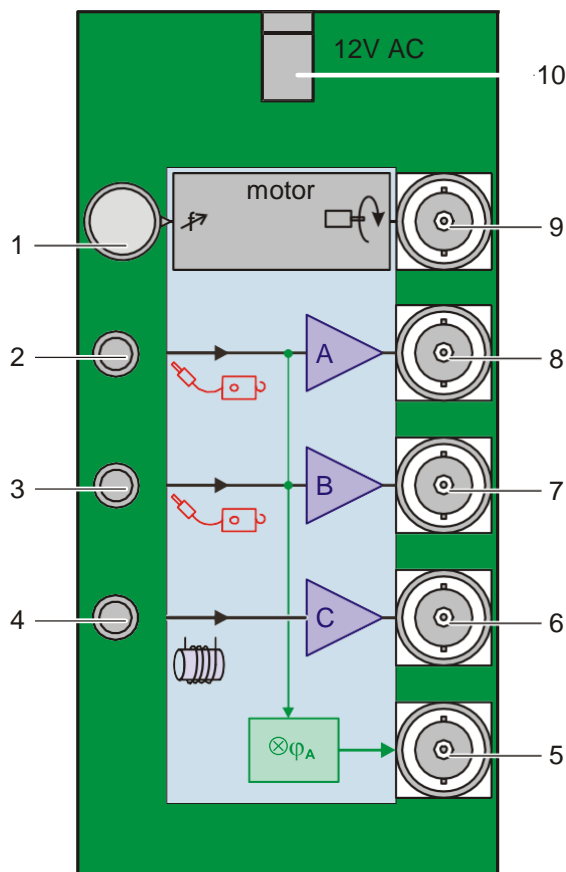
## Absorbér ultrazvuku

Komponenta pro demonstraci útlumu zvuku nebo potlačení přímého zvuku mezi vysílačem a mikrofonní sondou u některých pokusů.

povrch: flauš

rozměry: cca 80 x 15 x 50 mm<sup>3</sup>

## Provozní přístroj MEC



- 1 regulátor otáček motoru
- 2 vstup kanál A (silový snímač)
- 3 vstup kanál B (silový snímač)
- 4 vstup kanál C (indukční cívka)
- 5 výstup fázového stupně  $\Delta\varphi_{AB}$
- 6 výstup kanál C
- 7 výstup kanál B
- 8 výstup kanál A
- 9 výstup napětí pro motor
- 10 zásuvka pro síťový adaptér

Provozní přístroj MEC slouží pro napájení motoru s excentrem (výstředníkem), pro zesilování signálů z dynamických silových snímačů a indukční cívky a pro vyhodnocování fázového vztahu mezi kanály A a B.

Výstupy A, B a C a  $\Delta\varphi_{AB}$  jsou určené pro připojení k osciloskopu nebo jinému měřicímu přístroji.

**Varování:** Výstup napětí pro motor je určen pouze pro napájení motoru s excentrem, který je součástí sady. Připojení jiného spotřebiče může vést ke zničení provozního přístroje.

### Impedanční převodník A:

zesílení: 0,2  
vstupní odpor: 110 M $\Omega$   
výstupní odpor: 1 k $\Omega$

### Impedanční převodník B:

zesílení: 0,2  
vstupní odpor: 110 M $\Omega$   
výstupní odpor: 1 k $\Omega$

### Zesilovač C:

zesílení: 20  
vstupní odpor: 10 k $\Omega$   
výstupní odpor: 1 k $\Omega$

### Fázový stupeň $\Delta\varphi_{AB}$ :

výstupní odpor: 1 k $\Omega$  výstupní  
napětí: 8 V při  $\Delta\varphi_{AB} = 0^\circ$   
-8 V při  $\Delta\varphi_{AB} = 180^\circ$

### Výstup napětí pro motor:

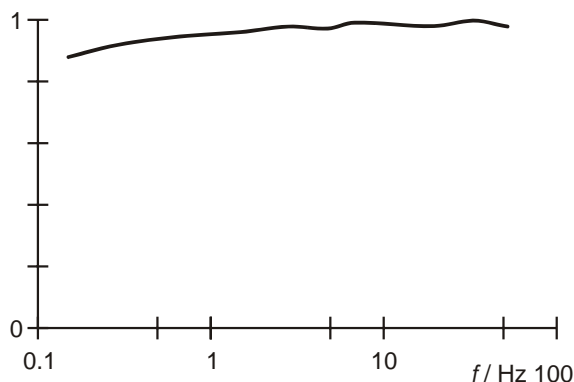
napětí motoru: 0 ... 9 V  
maximální proud: 0,2 A

## Dynamické silové snímače

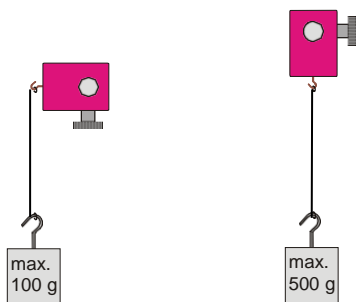
Dynamické silové snímače je možné upevnit na tyčky stativu s průměrem 10 mm. Fungují na piezoelektrickém principu.

Síla působící na háček generuje v piezokrystalu náboj, který je v určitém rozsahu přímo úměrný síle. Snímače ale nejsou kalibrovány. V důsledku koncových přechodových odporů v materiálu krystalu a impedančním převodníku provozního přístroje MEC vzniká dynamická přenosová charakteristika.

dolní mezní frekvence: 0,2 Hz  
připojení: jack 3,5 mm  
hmotnost 80g



Přenosová charakteristika



Maximální povolené zatížení dynamických silových snímačů

**Varování:** Dynamické silové snímače jsou citlivé na vlhkost a nesmí být mechanicky přetěžovány!

- Chraňte dynamické silové snímače před vlhkostí.
- Háčky nesmí být v podélném směru zatíženy silou větší než 5 N a v příčném směru větší než 1 N.
- Při zavěšování smyček nebo pružin na háček dbejte na maximální přípustné síly.

## Motor s excentrem

Motor s párem ocelových kolíků pro buzení kmitů na lankách a základní desce pro montáž na tyčky stativu 10 mm.

otáčky: 600 ... 6000 ot./min  
kmitů lanka: 20 ... 200 Hz  
vstupní napětí: 0 ... 9 V

## Spirálové pružiny I

maximální protažení: 0,2 m  
maximální tahová síla: cca 2  
N průměr: 20 mm  
konstanta pružiny 9 N/m  
tolerance: ± 15%

## Spirálové pružiny II

maximální protažení: 0,5 m  
maximální tahová síla: cca 2  
N průměr: 20 mm  
konstanta pružiny 5 N/m  
tolerance: ± 15%

## Sada 10 závaží 50 g

Sada 10 závaží s háčky na obou stranách v plastové krabičce s vyklápěcím víčkem

## Indukční cívka

Indukční cívka pro zachycení rychlosti kmitavého pohybu pružiny.

počet závitů: 1000  
odpor: cca 300 Ω  
vnitřní průměr: 30 mm  
délka cívky: 60 mm  
maximální napětí: 30 V (3 W)

## Zkratovací prstenec

Hliníkový prstenec, jehož rozměry jsou přizpůsobené indukční cívce.

Vířivé proudy indukované ve zkratovacím prstenci vyvolávají brzdou sílu působící na magnety pohybující se indukční cívkou.

## Cívka s konopnou nití

splétaná konopná niť (provázek), 100 m  
tloušťka cca 0,6 mm



## Očko

Textilní očko pro použití s konopnou nití pro vytvoření kyvadla s nastavitelnou délkou.

## Tyčový magnet

Tyčový magnet pro upevnění na háček a sloužící jako závaží kyvadla.

rozměry: 50 mm x 20 mm Ø  
hmotnost: cca 120 g

## Magnetický háček

Háček pro zavěšení tyčového magnetu nebo pro upevnění lanek na základní desce.

Adhezní síla na lakované základní desce je až 15 N.

## Gumové lanko

Gumové lanko s opletem pro zkoumání vln.

měrná hmotnost  
(nenatažený stav) 1,80 g/m  
průměr: cca 1,6 mm

## Stopky

### Režim stopek:

V režimu stopek blikají tři čárky nad položkami SU, FR a SA.

Tlačítko START/STOP spouští a zastavuje měření času.

Při spuštění pokračuje měření od zobrazené hodnoty.

Po zastavení měření je možné stopky vynulovat tlačítkem SPLIT/REST.

### Režim normálních hodinek:

Pro přepnutí z režimu normálních hodinek do režimu stopek slouží tlačítko MODE.

## Skládací měřítko

Skládací měřítko (metr) z narázuvzdorného plastu pro měření délek do 1 m.

## Základní deska

Základní deska se třemi speciálními závity pro snadnou montáž tyček stativu s vnějším a vnitřním závitem, které je možné prodloužit našroubováním tyčky s vnějším závitem.

rozměry: 345 x 245 x 15 mm<sup>3</sup>  
hmotnost: 2,1 kg  
materiál: ocelový plech, 2 mm, lakovaný  
závitová pouzdra: 3  
max. výška sestavy  
se všemi tyčkami stativu: 780 mm

## Tyčky stativu

rozměry: 400 mm x 10 mm Ø  
hmotnost: po 250 g  
materiál: nerezová ocel, nemagnetická  
verze 1: 1 vnější závit, 1 vnitřní závit  
verze 2: 1 vnější závit

## Příčná tyčka

rozměry: 280 mm x 10 mm Ø  
hmotnost: 60 g  
materiál: hliník

## Dvojitá objímka

rozměry: 60 x 20 x 20 mm<sup>3</sup>  
hmotnost: po 64 g  
materiál: hliník, eloxovaný

## Síťový adaptér:

primární strana: 230 V, 50/60 Hz  
sekundární strana: 12 V AC; 750 mA

## Kabel BNC

Pro připojení výstupů zesilovače k osciloskopu.

délka kabelu: cca 1 m

## Kabel BNC/ 4 mm

Pro připojení výstupů zesilovače k analogovému voltmetru.

délka kabelu: cca 1 m

# Ultrazvukové vlny

List pro vyučujícího

## US01 Rezonanční křivka ultrazvukového měniče

### Zadání


- Měření amplitudy ultrazvuku v pevném budě ultrazvukové vlny v závislosti na době kmitu (periodě).
- Stanovení rezonanční křivky ultrazvukového měniče.

### Přístroje

1 provozní přístroj UZ  
1 síťový adaptér  
1 ultrazvukový vysílač 40 kHz  
1 mikrofonní sonda  
1 kabel BNC  
šablona (podložka) US01

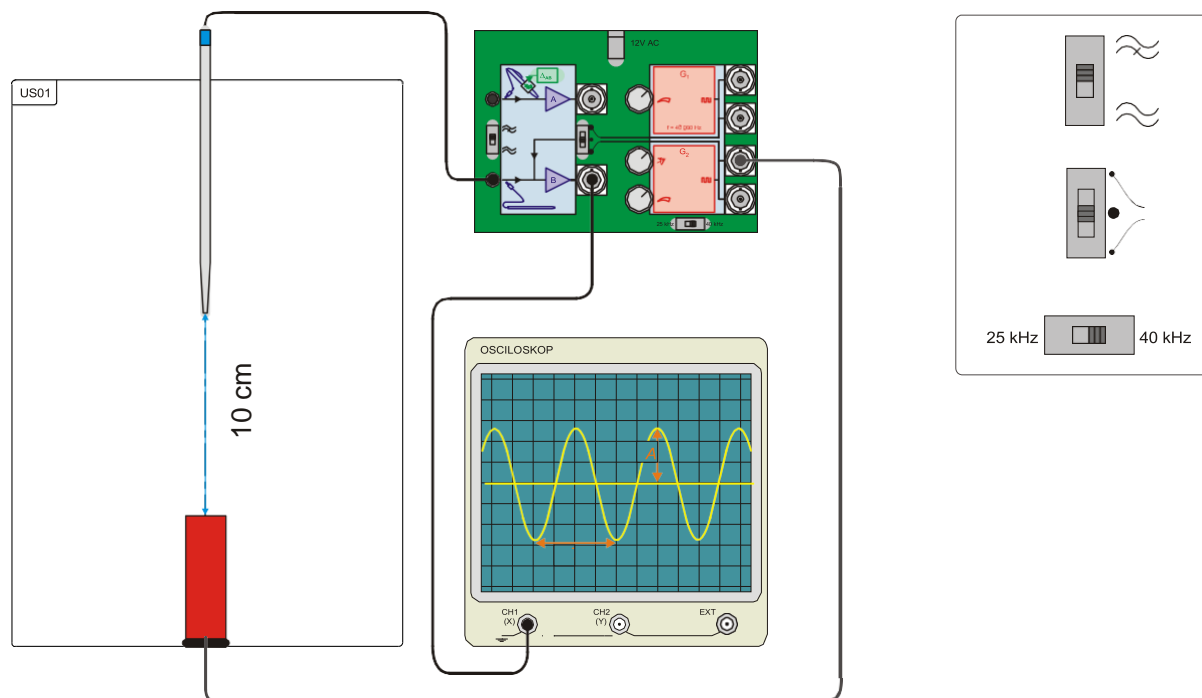
#### Navíc je potřeba:

1 osciloskop

- 2) Spínačem S1 zapněte filtr horní propusti ( $\infty$ ) a přepínač S3 nastavte na 40 kHz.
- 3) Spínač S2 nastavte na  .
- 4) Ultrazvukový vysílač 40 kHz připojte ke generátoru G2.
- 5) Mikrofonní sondu položte do vzdálenosti cca 10 cm od vysílače a připojte ji ke vstupu kanálu B zesilovače.
- 6) Výstup kanálu B zesilovače spojte s osciloskopem (nastavení na osciloskopu například 2 V/DIV, 5  $\mu$ s/DIV, DC, trigger nastavte na zvolený kanál).
- 7) Regulátor amplitudy na generátoru G2 nastavte na střední amplitudu, aby signály vykazovaly nezkreslený sinusový průběh.

### Sestavení a provádění

- 1) Připojte síťový adaptér, který bude sloužit pro napájení provozního přístroje.



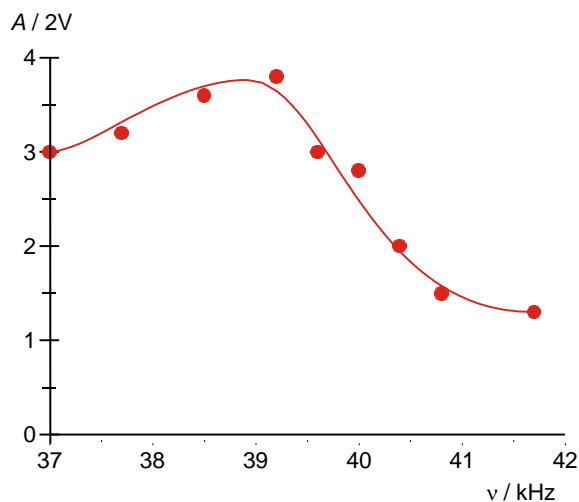
Obr. 1 Sestava pokusu

- 8) Měňte frekvenci od minimální po maximální možnou hodnotu, zjišťujte hodnoty doby kmitu  $T$  a amplitudy  $A$  ultrazvukových vln a zapište je do tabulky.
- 9) Z dob kmitů  $T$  vypočtete frekvence  $\nu$  ultrazvukové vlny.
- 10) Sestrojte graf závislosti změřených amplitud  $A$  na vypočtených frekvencích  $\nu$ .
- 11) Vysvětlete výsledek.

## Měření a vyhodnocení

**Tabulka:** Amplituda ultrazvukové vlny v závislosti na době kmitu, respektive frekvenci ultrazvukového vysílače.

$T / 5 \mu\text{s}$	$\nu / \text{kHz}$	$A / 2 \text{V}$
5,40	37,0	3,0
5,30	37,7	3,2
5,20	38,5	3,6
5,10	39,2	3,8
5,05	39,6	3,0
5,00	40,0	2,8
4,95	40,4	2,0
4,90	40,8	1,5
4,80	41,7	1,3



**Graf:** Amplituda ultrazvukové vlny v závislosti na frekvenci ultrazvukového vysílače.

### Vysvětlení výsledku měření:

*Měnič použitý v ultrazvukovém vysílači vykazuje rezonanční chování. S největší amplitudou kmitá při cca 39 kHz.*