

## 1 Úloha 2

Pro výpočet jsem si vybral sluchátka JBL Tune 230NC TWS a potřebné informace na výpočet jsem bral ze stránky: [https://www.jbl.com/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog\\_Harman/default/dw2507ba12/pdfs/JBL\\_Tune\\_230NCTWS\\_SpecSheet\\_USA\\_English.pdf](https://www.jbl.com/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog_Harman/default/dw2507ba12/pdfs/JBL_Tune_230NCTWS_SpecSheet_USA_English.pdf).

Důležitý bude především tento údaj:

Sensitivity: 105dB SPL@1kHz 1mW

Z ní víme ty nejdůležitější informace, ale budeme muset ještě odhadovat vzdálenost, ve který se to měřilo.

Ale nejdříve musíme odvodit vzorec pro účinnost. Pro reproduktory můžeme určit účinnost jako poměr akustického výkonu ku elektrickému příkon:

$$\eta = \frac{P_a}{P_e}$$

Protože příkon zjistíme z charakteristické citlivosti, musíme zjistit akustický výkon. Pro něj platí:

$$P_a = \frac{Sp^2}{\rho c},$$

kde  $S$  je plocha, na kterou zvuk působí,  $p$  je akustický tlak,  $\rho$  je hustota média a  $c$  je rychlost zvuku v médiu. Protože se všechna měření dělají ve vzduchu,  $\rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  a  $c = 334 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Zvuk reproduktoru působí na plochu polokoule, proto  $S = 2\pi r^2$ .

Pro zjištění akustického tlaku musíme převést hladinu akustického tlaku na akustický tlak. To uděláme takto:

$$L_p = 20 \log \left( \frac{p}{p_0} \right) \Rightarrow p = 10^{\frac{L_p}{20}} \cdot p_0$$

Protože hodnotu  $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  známe, stačí nám to všechno jen dosadit do vzorce:

$$\eta = \frac{\frac{2\pi r^2 \cdot 10^{\frac{L_p}{10}} \cdot p_0^2}{\rho c}}{P_e} = \frac{2\pi r^2 \cdot 10^{\frac{L_p}{10}} \cdot p_0^2}{P_e \rho c}$$

Ještě ale musíme zjistit vzdálenost  $r$ . Protože se budou sluchátka testovat na umělých hlavách, budeme předpokládat, že vzdálenost bude rovna délce ušního kanálku, proto  $r = 2,5 \text{ cm}$ . Teď už známe všechny údaje pro výpočet:

$$\eta = \frac{2\pi \cdot (2,5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 10^{\frac{105}{10}} \cdot (20 \cdot 10^{-6})^2}{1,2 \cdot 334 \cdot 10^{-3}} \doteq 0,12 = 12\%$$

Proto účinnost těchto sluchátek je 12%.

## 2 Problém 4

Celkem jsem zanalyzoval účinnost 7 reproduktorů. Mezi nimi jsou sluchátka a špunty, bezdrátový i drátový, bezdrátové reproduktory a normální bedny. U každého reproduktoru jsem vzal její citlivost a z ní jsem za pomoci vzorečku z předchozí úlohy vypočítal účinnost. U sluchátek jsem bohužel musel jako v minulém cvičení odhadovat vzdálenost  $r$ , proto výsledná účinnost pravděpodobně nebude přesně odpovídat skutečnosti. U špuntů jsem uvažoval jen délku ušního kanálku a u sluchátek přes hlavu jsem ještě přidal centimetr navíc. Níže už jsou výsledky:

Tabulka 1: Účinnost různých druhů reproduktorů

Model	Typ	$L_p$ [dB]	$r$ [m]	$P$ [W]	$\eta$ [%]
JBL TUNE 510BT	Bluetooth přes hlavu	103,5	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	17,19
JBL Tune 230NC TWS	Bluetooth špunty	105	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	12,39
Marshall Stanmore II	Bluetooth reproduktor	101	1	1	7,89
Sony MDR-ZX110	Drátové přes hlavu	98	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	4,84
JBL T110	Drátové špunty	96	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	1,56
Magnat Monitor Supreme 102	Bedna	89	1	1	0,5
Logitech Z200	Bedna	88	1	1	0,4

Jak šlo očekávat, bezdrátové reproduktory mají nejvyšší účinnost. Nejvyšší účinnosti dosáhli bezdrátová sluchátka přes hlavu JBL TUNE 510BT, která dosáhla na reproduktory až podezřele vysokých 17,2 %. Tohle možná bude způsobeno tím, že náš předpoklad, že  $r = 3,5$  cm, je chybný, ale i přesto je jasné, tyto sluchátka jsou velmi účinná.

Zároveň si můžeme všimnout toho jevu, že menší reproduktory jsou většinou účinnější než třeba bedny. To lze jednoduše vysvětlit – pro většinu lidí, kteří si kupují bedny, není účinnost prioritou a narozdíl od beden je sluchátkům většinou dodávána energie přes 3,5 mm jack z počítače či telefonu, což omezuje velikost příkonu. Díky tomu se místo toho soustředí na kvalitu zvuku a šířce frekvenčního rozmezí na úkor účinnosti.

Pokud se nezobrazují v tabulce linky na zdroje, jsou níže:

1. JBL TUNE 510BT – [https://www.harmanaudio.in/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog\\_Harman/default/dwd36fda61/pdfs/JBL\\_Tune\\_510BT\\_SpecSheet\\_English.pdf](https://www.harmanaudio.in/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog_Harman/default/dwd36fda61/pdfs/JBL_Tune_510BT_SpecSheet_English.pdf)
2. JBL Tune 230NC TWS – [https://www.jbl.com/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog\\_Harman/default/dw2507ba12/pdfs/JBL\\_Tune\\_230NCTWS\\_SpecSheet\\_USA\\_English.pdf](https://www.jbl.com/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog_Harman/default/dw2507ba12/pdfs/JBL_Tune_230NCTWS_SpecSheet_USA_English.pdf)
3. Marshall Stanmore II – <https://www.marshallheadphones.com/cz/en/stanmore-ii-bluetooth.html>
4. Sony MDR-ZX110 – <https://www.sony.com/electronics/support/wired-headphones-headband/mdr-zx110/specifications>
5. JBL T110 – <https://mm.jbl.com/in-ear-headphones/JBL+T110.html>
6. Magnat Monitor Supreme 102 – <https://reprosoustavy-reproduktory.heureka.cz/magnat-monitor-supreme-102/#specifikace/>
7. Logitech Z200 – <https://reprosoustavy-reproduktory.heureka.cz/logitech-z200/#specifikace/>