Facit · Lydens fysik på papir

Svarene er regnet af forløbets egne tal og regler (lydens-fysik/indhold.js): skærmens 20 ms (svingningerPaaSkaermen, spoegelsesHz), lydens fart på 343 m/s, overtonerne, svævningerne (bulerI, prSekund), pladens model (kymatikFrekvens, kymatikUdsving, kymatikOpgaver) og trappens lag (shepardFrekvens, shepardStyrke). Åbne svar har kriterier. Forsøgene: Linealen: Den korte lineal svinger hurtigere, og tonen bliver lysere. Halvt så langt ude giver 4 gange så mange svingninger i sekundet. Gummibåndet: Et strammere bånd giver en lysere tone, og et kortere bånd giver også en lysere tone. Halvt så langt giver en tone en oktav højere. Glassene: Mere vand giver en dybere tone. Her er det glasset, der svinger. Flaskerne: Mere vand giver en lysere tone, det modsatte af glassene. I flasken er det luften, der svinger, og mindre luft giver en lysere tone. Svævningerne: Wah-wah'et er svævningerne. Jo tættere de to toner kommer på hinanden, jo langsommere bliver det, og når tonerne er ens, forsvinder det. Sådan stemmer musikere deres instrumenter.

Spor ● (fx 5.–6. klasse)

Side 1 · Tæl svingningerne

1. **Tæl svingningerne:** 1: 2 svingninger 2: 5 svingninger 3: 4 svingninger 4: 6 svingninger 5: 8 svingninger
2. **Lysest og stærkest:** 1: lysest A, stærkest A 2: lysest B, stærkest B 3: lysest A, stærkest B

Side 2 · Hvor mange svævninger?

1. **Tæl bulerne:** 1: 1 buler, 1 svævning i sekundet 2: 3 buler, 3 svævninger i sekundet 3: 4 buler, 4 svævninger i sekundet
2. **Regn forskellen:** 1: 442 − 440 = 2 2: 441 − 440 = 1 3: 445 − 440 = 5 4: 444 − 440 = 4

Side 3 · Tegn mønstret

1. **Fra dyb til lys:** Fra venstre: 3, 1, 2 (Ruderne 255 Hz, Stjernen 332 Hz, Blomsten 433 Hz)
2. **Hvor står pladen stille?** B: ryster C: står stille D: ryster E: står stille

Spor ●● (fx 7. klasse)

Side 1 · Tæl svingningerne

1. **Fra svingninger til hertz:** 1: 2 · 50 = 100 Hz 2: 5 · 50 = 250 Hz 3: 8 · 50 = 400 Hz 4: 10 · 50 = 500 Hz 5: 3 · 50 = 150 Hz
2. **Tegn bølgen:** 1: 100 : 50 = 2 hele svingninger på skærmen 2: 250 : 50 = 5 hele svingninger på skærmen 3: 300 : 50 = 6 hele svingninger på skærmen

Side 2 · Hvor mange svævninger?

1. **Hvad er den anden tone?** 1: 438 eller 442 Hz 2: 435 eller 445 Hz 3: 434 eller 446 Hz
2. **Stem strengen:** 1: for lys: 443 Hz, nu 446 Hz (strammet, 3 til 6 svævninger)
   2: for lys: 444 Hz, nu 441 Hz (løsnet, 4 til 1 svævninger)
   3: for dyb: 438 Hz, nu 435 Hz (løsnet, 2 til 5 svævninger)

Side 3 · Tegn mønstret

1. **Fra dyb til lys:** Fra venstre: 2, 3, 1 (Krydset 180 Hz, Stjernen 332 Hz, Blomsten 433 Hz)
2. **Tegn den anden halvdel:**
   1: Gitteret: den samme figur spejlet i den stiplede linje, og linjen selv er en stribe sand (se Mønstrene)
   2: Vævet: den samme figur spejlet i den stiplede linje, og linjen selv er en stribe sand (se Mønstrene)

Spor ●●● (fx 8.–9. klasse)

Side 1 · Tæl svingningerne

1. **Bølgelængden:** 1: 110 Hz: én svingning tager 1000 : 110 = 9,09 ms, bølgen er 343 : 110 = 3,12 m
   2: 220 Hz: én svingning tager 1000 : 220 = 4,55 ms, bølgen er 343 : 220 = 1,56 m
   3: 880 Hz: én svingning tager 1000 : 880 = 1,14 ms, bølgen er 343 : 880 = 0,39 m
   4: 55 Hz: én svingning tager 1000 : 55 = 18,18 ms, bølgen er 343 : 55 = 6,24 m
2. **Overtonerne:** 1: Firkant: 220, 660, 1100 Hz 2: Trekant: 220, 660, 1100 Hz

Side 2 · Hvor mange svævninger?

1. **Fra toppene til farten:** 1: 4 toppe er 3 mellemrum; 3 : (3,50 − 0,50) ≈ 1,0 svævninger i sekundet
   2: 16 toppe er 15 mellemrum; 15 : (3,88 − 0,13) ≈ 4,0 svævninger i sekundet
   3: 24 toppe er 23 mellemrum; 23 : (3,92 − 0,08) ≈ 6,0 svævninger i sekundet
2. **Hvorfor ikke på skærmen?**
   Kriterier: skærmen viser kun 20 millisekunder; på 20 millisekunder når den lyse tone kun 0,06 svingning foran den dybe, og det kan ikke ses; én svævning tager en tredjedel sekund, det er over 16 skærme.

Side 3 · Tegn mønstret

1. **Regn tonen:** 1: n = 3, m = 1: 180 · √(10 : 5) = 254,6 ≈ 255 Hz (Ruderne)
   2: n = 3, m = 2: 180 · √(13 : 5) = 290,2 ≈ 290 Hz (Gitteret)
   3: n = 4, m = 1: 180 · √(17 : 5) = 331,9 ≈ 332 Hz (Stjernen)
2. **Kun ved bestemte toner:**
   Kriterier: pladen har sine egne toner (egensvingninger); rammer tonen en af dem, svinger pladen kraftigt (8 Hz ved siden af svarer den kun det halve); mellem to egne toner ryster pladen for lidt til at flytte sandet, så det bliver liggende.

Side 4 · Tænk efter

1. **Den evige trappe:**
   Lagene: 55, 110, 220, 440, 880, 1760 Hz. Kriterier: alle seks lag stiger hele tiden; det nederste lag tones ind og det øverste ud, så ingen hører et lag begynde forfra; efter en oktav står lagene præcis, hvor naboen stod, så lyden er den samme som ved start.