



Technische Universiteit
Eindhoven
Faculteit der
Technische Natuurkunde

Natuurkunde en Techniek

Muziekinstrumenten maken



MUZIEKINSTRUMENTEN MAKEN

Een lespakket voor klas 2 en 3 mavo/havo/vwo

Samenstelling: T. van Thoor
M. de Vries (eindredactie)
Tekeningen: C. Quak

Projekt Natuurkunde en Techniek
Vakgroep Didaktiek Natuurkunde
Afdeling der Technische Natuurkunde
Technische Universiteit Eindhoven

N&T 86-02

MUZIEKINSTRUMENTEN MAKEN

INHOUD

Pag.

Inleiding	3
-----------	---

Basisstof

1. Begrippen uit de natuurkunde: geluid	4
2. Een fluit ontwerpen en maken	10
3. De gitaar	20
4. Elektronische muziekinstrumenten	26
5. Muziek in ons dagelijks leven	32
6. Natuurkunde en techniek	34

Herhaalstof

1. Begrippen uit de natuurkunde	38
2. Het ontwerpen en maken van een muziekinstrument	40
3. De gitaar en de elektronische muziekinstrumenten	42

Extra stof

1. De geschiedenis van de elektronische muziekinstrumenten	45
2. Zelf een elektrische gitaar maken	47
3. De trompet	52

Bij dit lespakket is een docentenhandleiding beschikbaar.

INLEIDING

In dit lespakket gaat het over het ontwerpen en maken van muziekinstrumenten. Je ontdekt erin, hoe je in de techniek muziekinstrumenten ontwerpt en maakt met behulp van wat je weet uit de natuurkunde.

Als je dit lespakket gedaan hebt, kun je natuurlijk niet zelf allerlei muziekinstrumenten maken. Zo is de titel niet bedoeld. Wel krijg je een idee hoe je muziekinstrumenten ontwerpt en maakt.

Als voorbeeld leer je zelf een eenvoudige fluit maken.

En, als je handig bent, een gitaar.

Enkele muziekinstrumenten leer je uitgebreider kennen: de blokfluit, de gitaar en de elektronische muziekinstrumenten.

In **paragraaf 1** lees je over enkele begrippen uit de natuurkunde, die met geluid en muziek te maken hebben. Misschien ken je die begrippen al. Je hebt ze nodig om het vervolg te kunnen volgen.

In **paragraaf 2** ontwerp je zelf een fluit, en daarbij gebruik je dingen die je weet uit de natuurkunde.

In **paragraaf 3** bekijk je waarom een gitaar zó ontworpen is als je 'm nu kent. Ook hier zie je dat er in de techniek kennis van de natuurkunde gebruikt is.

In **paragraaf 4** gaat het over de elektronische muziekinstrumenten. Dat zijn instrumenten die ontworpen zijn met behulp van wat men wist over elektriciteit. Deze instrumenten worden veel gebruikt in pop-concerten.

In **paragraaf 5** denk je na over welke beroepen er met het maken van muziekopnamen te maken hebben. Het gaat daar over muziek in je eigen leven.

In **paragraaf 6** ga je na wat techniek is en wat natuurkunde en techniek met elkaar te maken hebben.

Als je bepaalde onderdelen moeilijk vond, kan de **herhaalstof** je helpen om het beter te begrijpen.

De titels van de herhaalbladen geven aan over welk onderdeel van de basisstof ze gaan.

Als je iets extra wilt doen, kun je daar de **extra stof** voor gebruiken. Daarin vind je onderwerpen, die niet eerder aan de orde kwamen en die als extraatje best leuk zijn.

1. BEGRIPPEN UIT DE NATUURKUNDE: GELUID

Inleiding

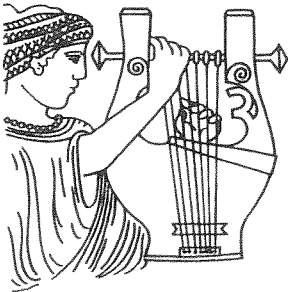
Vrijwel iedereen houdt van muziek.

Veel mensen kunnen zelf muziek maken.

In deze serie lessen gaat het over muziek en over het zelf maken van muziekinstrumenten.

Heel vroeger werden er al muziekinstrumenten gemaakt.

In figuur 1 zie je een oud muziekinstrument.



Figuur 1. Een muziekinstrument uit de Oudheid.

Het maken van muziekinstrumenten behoort tot de techniek. In de techniek ontwerp en maak je dingen, die je leven veraangenamen. Daarbij gebruik je vaak kennis uit de natuurkunde. Daarom begin je deze serie lessen met enkele begrippen uit de natuurkunde, die te maken hebben met geluid.

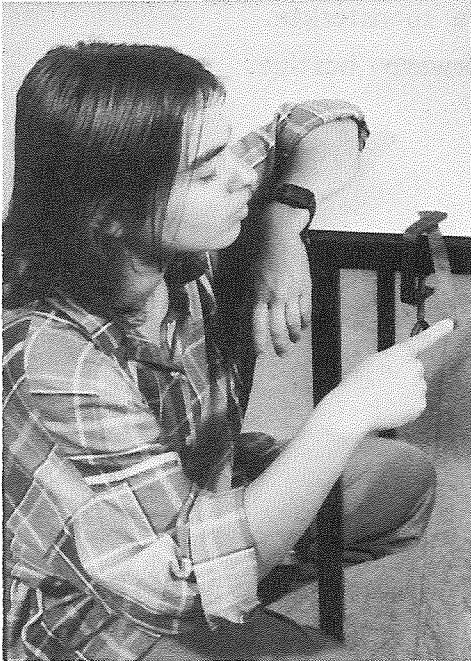
Je maakt onderscheid tussen **geluid** en **muziek**. Niet alle geluid is muziek. Geluid noem je pas muziek als je tonen in een bepaalde volgorde naast of achter elkaar zet. De tonen en de volgorde bepaal je zelf als je een muziekstuk maakt of speelt.

Een **toon** ontstaat door het trillen van voorwerpen. Bij muziek zijn die trillende voorwerpen onderdelen van een muziekinstrument. Welke onderdelen dat zijn, zie je in het vervolg.

Als een voorwerp trilt, gaat de lucht eromheen meetrillen. De lucht geeft dan de trilling door. Zo komt de toon bij je oren en kun je de toon horen. Je hoort dus een geluid of een toon door de trilling van de luchtdeeltjes.

Proef 1. De trillende breinaald

Neem een breinaald of het blad van een zaag.
Klem het aan één eind vast en laat de andere kant trillen.
Wat hoor je ?



Figuur 2. Proef met de breinaald.

Klem de breinaald vervolgens op een andere plaats vast, zodat de breinaald sneller of minder snel trilt.
Welk verschil met de eerste keer hoor je ?

Als een voorwerp sneller trilt is de toon, die je hoort hoger/lager (kies het juiste antwoord).

Bij een toon spreek je van **toonhoogte**.

De toonhoogte heeft te maken met het aantal trillingen, dat een voorwerp in 1 seconde maakt.

Dat aantal trillingen noem je de **frequentie**.

1 trilling per seconde heet: 1 **herz** (afgekort: 1 Hz).

Een frequentie van 100 herz betekent dus 100 trillingen per seconde.

We zagen en hoorden bij proef 1:

hoe meer trillingen per seconde (en dus: hoe groter de frequentie van de trilling), hoe hoger de toon.

Bij een toon spreek je ook van **toonsterkte**.

Wat je daaronder verstaat zie je in proef 2.

Proef 2. Zacht en hard aanslaan van de breinaald

Klem de breinaald weer in. Sla de naald zacht aan en luister goed.

Vervolgens sla je de naald harder aan.

Welk verschil met daarnet hoor je ?

Veranderde de toonhoogte of de frequentie ?

Dit was anders: het geluid klonk de tweede keer harder.

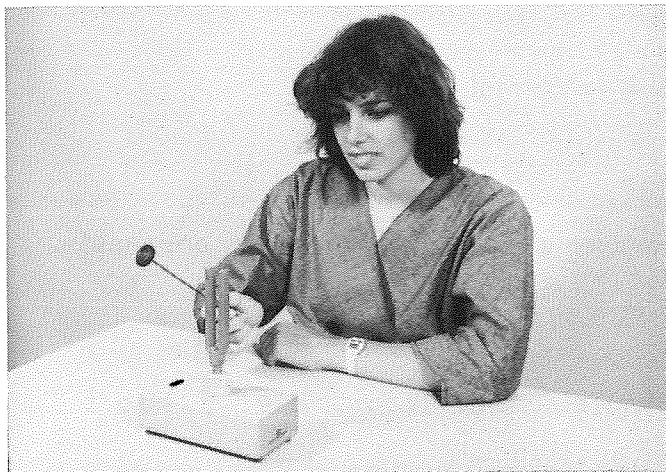
Het verschil tussen hard en zacht geluid noem je de toonsterkte.

Je kunt de toonsterkte vergroten door een voorwerp heftiger te laten trillen.

Het kan ook op een andere manier.

Proef 3. Proef met de stemvork

Neem een stemvork en sla die aan.



Figuur 3. Een stemvork aanslaan.

Zet vervolgens de stemvork op een klankkast.

Sla weer de stemvork aan.

Welk verschil hoor je ?

Kun je dat verklaren (denk aan wat in de inleiding van deze paragraaf staat over wat mee gaat trillen) ?

Het antwoord is, dat de stemvork de klankkast in trilling brengt.
Daardoor gaat de lucht in en om de klankkast meetrillen. Dat hoor je als geluid.

Je hebt nu enkele voorwerpen gezien, die maar één toon voortbrengen.
Dus één toon met dezelfde toonhoogte of frequentie.
Maar muziek is een samengaan of opeenvolging van tonen. Met een muziekinstrument moet je dus verschillende tonen kunnen maken.
Je gaat nu met een voorwerp verschillende tonen maken.

Proef 4. Een bekerglas met water aanslaan

Neem een grote fles of een groot glas.
Vul het voor ongeveer de helft met water.
Geef een tik met een lepel tegen de fles of het glas.
Je hoort dan een toon.
Giet vervolgens water bij.
Sla weer de fles of het glas aan.



Figuur 4. Een bekerglas aanslaan.

Welk verschil met daarnet hoor je ?

Hoe korter de luchtkolom in de fles, die trilt, hoe hoger/lager de toon (kies het juiste antwoord).

Wanneer een piano en een viool even hard een c spelen, is van de tonen die ze maken de toonhoogte en de toonsterkte gelijk.

Toch hoor je verschil. De ene toon klinkt scherper dan de andere.

Je noemt dat een verschil in **klankkleur**.

Samenvatting

Geluid ontstaat door het laten trillen van voorwerpen.

Muziek is geluid, dat bestaat uit een verzameling tonen, die elkaar in een bepaalde volgorde opvolgen.

Natuurkundige begrippen bij geluid zijn:

- frequentie. Dat is het aantal trillingen van een trillend voorwerp per seconde,
- toonhoogte. Hoe meer trillingen per seconde, hoe groter de frequentie, hoe hoger de toon,
- toonsterkte. Hoe hard klinkt de toon,
- klankkleur. Wat is de klank van de toon ?

Op een muziekinstrument kun je meer dan één toon spelen.

Je kunt de toon versterken met een klankkast.

Als een toon door een trillende kolom lucht wordt voortgebracht geldt: hoe korter de kolom lucht, hoe hoger de toon.

Opgaven

1. Geef enkele voorbeelden van trillingen, die een geluid veroorzaken.

2. Marieke speelt twee noten op een orgel.

De eerste noot is de toon met een frequentie van 440 herz.

De tweede noot is de toon met een frequentie van 220 herz.

a. Welke noot is het hoogst ?

b. Voor welke noot heb je de langste orgelpijp nodig ?

3. Han en Joke spelen allebei blokfluit.

Han speelt zachtjes een hoge c.

Joke speelt vrij hard een lage c.

Zijn de tonen verschillend in frequentie ?

Verschillen ze in toonsterkte ?

En in klankkleur ?

4. Met een stemvork kun je een toon voortbrengen.

Kun je de frequentie van de toon veranderen ?

En de toonsterkte ?

En de klankkleur ?

Geef steeds aan waarom het niet kan of hoe het wèl kan.

5. In de inleiding van deze paragraaf hebben we onderscheid gemaakt tussen 'geluid' en 'muziek'.

Geluid noem je pas muziek als je tonen in een bepaalde volgorde zet, zeiden we.

Ben je het eens met dat onderscheid ?

Denk eens aan hele moderne muziek of muziek uit andere culturen. Dat klinkt voor de één wèl als muziek, maar een ander vindt dat misschien geen muziek, maar een hoop lawaai.

Kun je het verschil tussen muziek en geluid zo omschrijven, dat iedereen het erover eens is ? Of zit er in het onderscheid iets persoonlijks ('over smaak valt niet te twisten') ?

2. EEN FLUIT ONTWERPEN EN MAKEN

Je hebt in paragraaf 1 enkele natuurkundige begrippen gezien: frequentie, toonsterkte en klankkleur. Deze begrippen gebruik je als je muziekinstrumenten ontwerpt en maakt.

In dit lespakket maak je zelf één of meer muziekinstrumenten. Daarom heet dit lespakket: muziekinstrumenten maken.

Dat betekent niet, dat je aan het eind allerlei muziekinstrumenten kunt maken. Wel heb je dan gezien hoe in de techniek het ontwerpen en maken van dingen (in dit geval: muziekinstrumenten) in zijn werk gaat.

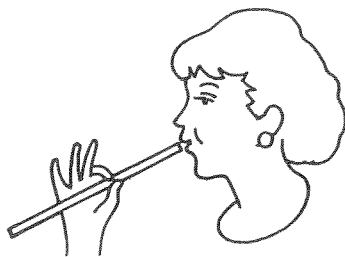
In de techniek is er niet opeens een nieuwe uitvinding. Bij het maken van muziekinstrumenten is het niet zo, dat er opeens een nieuw muziekinstrument ontstaat.

Er gaan veel stappen aan vooraf als je iets goed wilt ontwerpen.

Welke stappen dat zijn lees je in deze paragraaf.

Anneke loopt tijdens een mooie, winderige dag door een veld. Opeens hoort ze een toon, het geluid als van een fluit. Ze kijkt om zich heen en ziet een holle rietstengel staan. De toon komt duidelijk uit deze stengel. Anneke denkt: "Als ik zo'n hol pijpje pak en ik blaas daarin, krijg ik dan ook zo'n mooie toon?"

Je kunt zelf proberen of het lukt.



Figuur 5. Op een rietstengel blazen.

Nadat Anneke verschillende pijpjes van verschillende materialen heeft geprobeerd, zegt ze: "Van ieder hol pijpje kun je een fluit maken". Je gaat nu zelf van een holle pijp een fluit maken.

Wat wil je ontwerpen?

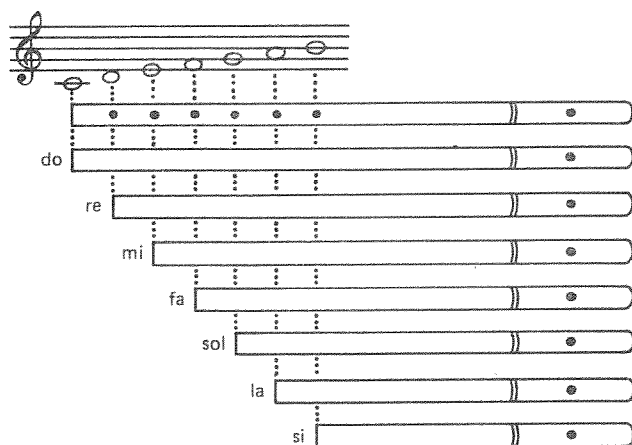
De **eerste stap** in het ontwerpen is: precies bedenken wat je wilt ontwerpen. In dit geval is dat een voorwerp, waarmee je door erop te blazen **verschillende tonen** kunt voortbrengen.

Mogelijke oplossingen bedenken

De **tweede stap** is om een aantal mogelijke oplossingen te bedenken om verschillende tonen te krijgen.

Uit paragraaf 1 weet je dat je de lengte van de trillende luchtkolom moet veranderen om een andere toonhoogte te krijgen.

De toonhoogte hangt immers af van de lengte van de trillende luchtkolom (zie figuur 6).



Figuur 6. De lengte van een fluit en de toonhoogte.

We gaan nu een aantal mogelijke oplossingen bedenken om met één instrument verschillende tonen te maken, met gebruik van deze kennis: je kunt de toonhoogte veranderen door de lengte van de trillende luchtkolom te veranderen.

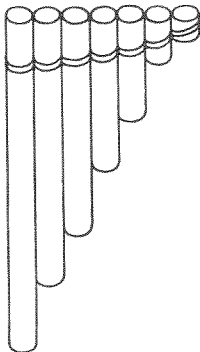
Je ziet hieronder drie mogelijkheden:

1. Je kunt de lengte van de luchtkolom veranderen met een soort zuigertje in de fluit. Met zo'n fluit kun je aardig vogels nabootsen. Het wordt wel een **glijfluit** genoemd.



Figuur 7. Een glijfluit.

2. Je kunt de lengte van de luchtkolom veranderen door verschillende pijpen met verschillende lengten te gebruiken. Je krijgt dan een **panfluit**.



Figuur 8. Een panfluit.

3. De derde mogelijkheid is om gaten op verschillende afstanden in de fluit te maken. Door meer gaten open of dicht te houden verander je de lengte van de luchtkolom, die meetrilt. Zo'n fluit is een **blokfluit**.



Figuur 9. Een blokfluit.

Je ziet, dat er voor ons probleem meer dan één oplossing is.



De **derde stap** is nu om te bepalen welke keuze van een oplossing je het beste vindt.

We gaan de drie mogelijke oplossingen tegen elkaar afwegen.

Het nadeel van de eerste oplossing is, dat het moeilijk is om er een melodie op te spelen. Je kunt niet zo gemakkelijk de juiste toon vinden.

Het nadeel van de tweede oplossing is, dat je er veel materiaal voor nodig hebt. Je moet immers evenveel pijpen gebruiken als het aantal tonen, dat je wilt kunnen spelen.

Bedenk ook voordelen van deze twee oplossingen.

Bedenk voor- en nadelen van de derde mogelijke oplossing.

Alle mogelijke oplossingen hebben zowel voor- als nadelen. Je kiest die oplossing die in jouw situatie het meest geschikt is.

Omdat je niet veel materiaal wilt gebruiken op school en je een instrument wilt maken, waarmee je gemakkelijk een melodie wilt spelen, is de derde mogelijke oplossing het meest voor de hand liggend. Die oplossing kiezen we om verder uit te werken.

We gaan dus een blokfluit maken.



De **vierde stap** is het uitwerken van de gekozen oplossing.

Over een aantal kleine vragen zijn we heengestapt om eerst een grotere beslissing te nemen over het soort fluit, dat we gaan maken.

Maar voordat we de fluit gaan maken, moeten ook die kleinere vragen beantwoord worden.

Als holle pijp nemen we een holle PVC-buis. Dat zijn de buizen, die de elektriciën gebruikt om de elektrische bedrading door te leiden. Het voordeel van dit materiaal is, dat het goedkoop is en mooi recht. Het kiezen van je materiaal is in de techniek altijd erg belangrijk.

Je hebt een stuk nodig van ongeveer 30 cm lang en met een diameter van ongeveer 2,5 cm.

Probeer een toon voort te brengen door op de PVC-buis te blazen. Is het gemakkelijk om met dit instrument een toon voort te brengen ?

Je merkt, dat we het aanblazen moeten vergemakkelijken.

Blijkbaar dient de lucht op een speciale manier in trilling te worden gebracht. Er moet iets aan de buis veranderd worden, zodat de lucht op een speciale manier door de buis gaat.

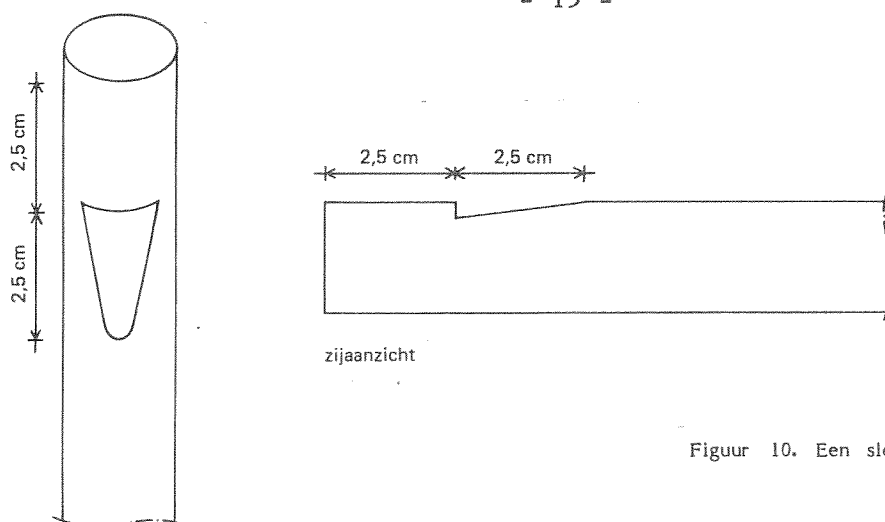
Je hebt gemerkt, dat je de lucht vlak over de opening van een holle ruimte moet blazen om een toon te krijgen (dat gebeurt als je de pijp niet horizontaal, maar vertikaal houdt bij het blazen).

Een deel van de lucht gaat dan de fluit in en de rest gaat over de opening heen.

Hoe kun je ervoor zorgen, dat een deel van de lucht de fluit in gaat en een deel erlangs, ook als je recht aanblaast ?

Dat gaat zo: dan moet je op een afstand van 2,5 cm van het begin van de pijp recht in de pijp zagen, zoals in figuur 10 is aangegeven.

Je moet niet te diep zagen (ongeveer 0,5 cm). Daarna moet je de pijp op 2,5 cm van de plaats waar je eerst gezaagd hebt, schuin inzagen. Zo krijg je een sleuf in de fluit. Kijk goed naar figuur 10, hoe je moet zagen.

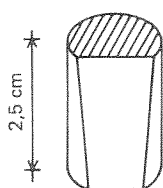


Figuur 10. Een sleuf in de pijp maken.

Komt er nu al een toon uit de fluit als je erop blaast ?

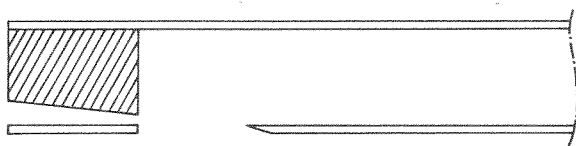
De fluit geeft pas een toon als je vlak over de opening lucht laat stromen. Je moet het grootste gedeelte van de pijp afsluiten. Dat kan met een kurk of een stukje rond hout.

Je neemt daarvoor een kurk of een stukje rond hout, dat precies de pijp afsluit. Je moet er een stukje afvijlen of afzagen, zoals in figuur 11 staat aangegeven.



Figuur 11. Afgevijlde kurk.

Als je het blokje of de kurk in de fluit hebt gezet, moet het geheel eruit zien, zoals in figuur 12 is getekend:



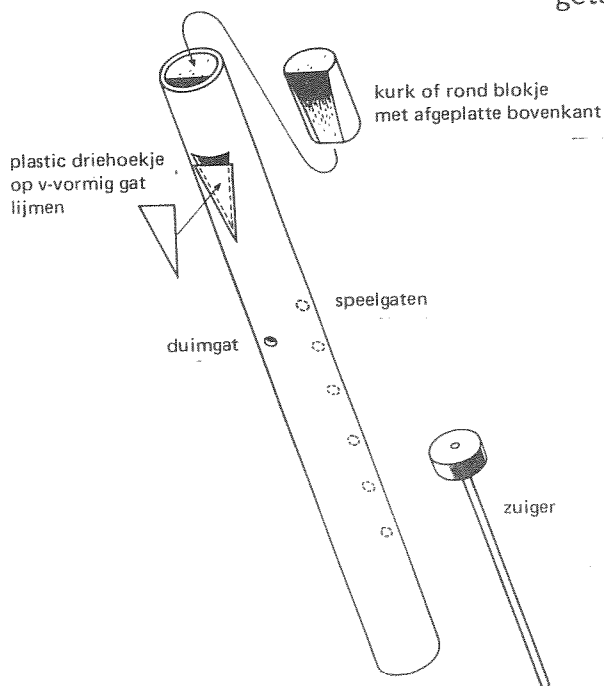
Figuur 12. Kurk in het mondstuk.

Als het goed is komt er nu een mooie volle toon uit je fluit.

Is dat nog niet zo, dan kun je een plastic driehoekje maken uit een stukje doorschijnend plastic, zoals je gebruikt bij een overhead-projector. Schuif het stukje plastic een beetje op en neer voordat je het vastplakt om uit te vinden waar het precies moet komen.

Bij het uitwerken van het ontwerp hoort ook het bepalen van de plaats van de gaten. Je zou dat kunnen doen, door het met een aantal proef-fluiten te proberen. Omdat dat veel materiaal kost, is dat hier al voor je gedaan. De gaten moet je boren op 6,0 cm, 8,5 cm, 11 cm, 14 cm, 16,5 cm en 19 cm vanaf het mondstuk. Tegenover het eerste gat komt aan de onderkant een gat voor je duim. De diameter van de gaten moet ongeveer 6 mm zijn.

In figuur 13 zie je het geheel getekend.



Figuur 13. De zelfgemaakte blokfluit.

Het is ook mogelijk om vanuit de natuurkunde te bepalen waar de gaten precies moeten zitten. Maar dat is erg moeilijk.

In de techniek worden wel vaker dingen ontworpen, waar eerder ervaring aan te pas komt dan kennis uit de natuurkunde.

Nu kun je de blokfluit gaan maken.

Wees, zeker als je het nog niet vaak gedaan hebt, voorzichtig bij het zagen en vijlen. Je kunt je in het begin gemakkelijk verwonden.

Gebruiken
en nagaan
of de
oplossing
voldoet

De **vijfde stap** is het gebruiken van je zelfgemaakte blokfluit.

Misschien ontdek je dat er nog gebreken aan zitten. Dan kun je het ontwerp verbeteren. Soms ga je dan nieuwe mogelijke oplossingen bedenken (je gaat dan terug naar stap 2). Vaak probeer je eerst of één van de andere mogelijke oplossingen, die je had bedacht, voldoet (dan ga je terug naar stap 3).

Blokfluiten worden al sinds de 16e eeuw gemaakt. Er waren enkele families, die het blokfluit maken van het ene geslacht op het andere overnamen. Een bekende blokfluitmakers familie is de familie Hotteterre.

Tegenwoordig gebeurt het blokfluit-maken nog wel met de hand, maar vaak gaat dat nu machinaal, in fabrieken. Zo kunnen per dag meer fluiten gemaakt worden dan je met de hand zou kunnen doen.

Bekende Nederlandse blokfluit-merken zijn Van der Veen en Aura.

De blokfluiten worden tegenwoordig gemaakt van diverse houtsoorten (perenhout, ahornhout), maar ook van kunststof (plastic).

Samenvatting

In de techniek ontwerp en maak je dingen.

Het ontwerpen en maken van muziekinstrumenten hoort bij de techniek.

Vaak gebruik je daarbij wat je weet uit de natuurkunde.

Je begint met vast te stellen wat je gaat ontwerpen. In dit geval is dat een instrument, waarmee je door aanblazen verschillende tonen kunt voortbrengen.

Dan bedenk je mogelijke oplossingen: een glijfluit, een panfluit en een blokfluit.

Je kiest de beste oplossing voor jou. Dat was hier de blokfluit.

Die oplossing werk je verder uit: het aanblazen wordt verbeterd door een kurk in het mondstuk. Ook bepaal je de plaats van de gaten.

Dan maak je de fluit en gebruikt hem.

Als blijkt, dat de fluit niet voldoet, bedenk je eventueel nieuwe mogelijke oplossingen of je gebruikt een andere mogelijke oplossing.

Opgaven

6. In deze paragraaf heb je gezien, dat je bij het ontwerpen meer dan één mogelijke oplossing bedenkt voor het maken van verschillende tonen. Je hebt slechts één mogelijkheid uitgewerkt, omdat de andere voor jou nadelen hadden. Zijn de andere mogelijkheden ook in andere instrumenten terug te vinden ?
7. De fluit, die je hebt gemaakt, kan geen erg hoge of erg lage tonen voortbrengen. Zijn er andere blokfluiten, die dat wèl kunnen ? Hoe komt het, dat die hogere of lagere tonen kunnen voortbrengen ?

8. Voor het kunnen maken van de meeste soorten muziekinstrumenten bestaat geen speciale opleiding.

Om te kunnen werken in een fabriek waar muziekinstrumenten gemaakt worden, moet je meestal op de LTS of de MTS het vak **fijn-mechanische techniek** hebben gevolgd. Je leert daarbij met allerlei machines, zoals bijvoorbeeld een draaibank, materialen bewerken.

Ga na waar bij jou in de buurt een technische school is, waar je dat vak kunt leren.

Is dat vak alleen voor jongens of ook voor meisjes ?

Hoeveel meisjes volgen het vak op de school bij jou in de buurt ?

9. De blokfluit behoort tot de groep **blaas-instrumenten**.

Zoek op en bedenk waar en hoe precies de toon ontstaat en hoe deze wordt versterkt in zulke instrumenten.

3. DE GITAAR

In paragraaf 2 heb je gezien hoe je een fluit kunt ontwerpen en maken. Je begint met vast te stellen wat je precies wilt ontwerpen. Dan bedenkt je een aantal mogelijke oplossingen. Je kiest de beste oplossing. Die oplossing werk je uit en maak je.

Op dezelfde manier zijn er veel andere instrumenten ontworpen, zoals de piano, de gitaar en de trommel.

In deze en de volgende paragraaf ga je niet meer zelf een muziekinstrument ontwerpen, maar je bekijkt, waarom enkele bestaande instrumenten zo ontworpen zijn als je ze nu kent.

Je kunt de muziekinstrumenten verdelen in vier soorten:

1. **Blaasinstrumenten;** de fluit van paragraaf 2 is daar een voorbeeld van. Maar ook de trompet (daarover gaat extra stof blad 3), de klarinet, de hobo en de saxofoon horen erbij. Een orgel is ook een blaasinstrument. Het zijn instrumenten waarbij je direct een luchtkolom in trilling brengt.
2. **Snaarinstrumenten;** de gitaar, waar deze paragraaf verder over gaat hoort daarbij. Maar ook de piano, de viool, de cello en de contrabas. Het zijn instrumenten die geluid voortbrengen doordat één of meer snaren trillen.
3. **Slaginstrumenten;** bijvoorbeeld de trommel en de pauze. Bij dit soort instrumenten maak je muziek door ergens mee te slaan of op te slaan.
4. **Elektronische instrumenten;** dat zijn instrumenten, waarbij tonen met behulp van elektriciteit gemaakt worden.

Over dat laatste lees je meer in paragraaf 4.

Vroeger maakten instrumentbouwers en -bouwsters de instrumenten helemaal zelf. Vaak wisten ze niet welke natuurkundige ideeën er achter zaten. Maar uit ervaring wisten ze hoe ze het instrument moesten maken. In de techniek gebruik je dus niet altijd de natuurkunde.

Ze maakten vaak maar enkele instrumenten per jaar. Die waren dan ook heel duur.

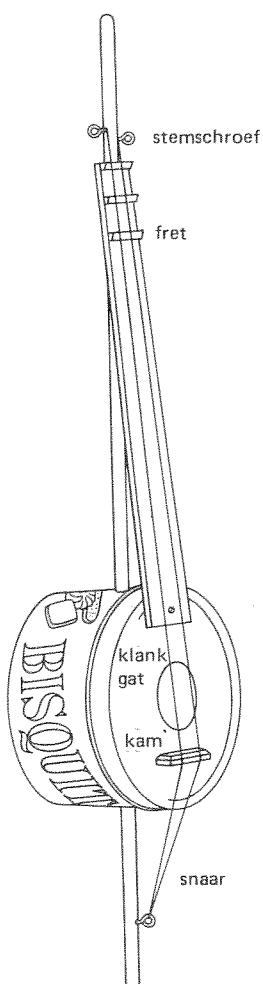
Instrumentbouwers en -bouwsters leerden het vak meestal van hun ouders, die het weer van hun ouders geleerd hadden. Ze oefenden het **ambacht** van instrumentbouwer uit.

Een instrument dat nog steeds vaak als handwerk gebouwd wordt is de gitaar. Dit instrument ga je verder bekijken. Je ziet daarbij hoe de begrippen uit de natuurkunde in de gitaar zijn verwerkt.

Om deze paragraaf verder te kunnen volgen heb je een gitaar nodig.

Daarvoor heb je twee mogelijkheden:

- gebruik een echte gitaar die op school aanwezig is in het muzieklokaal of een gitaar van een leerling,
- als dat niet gaat, maak dan zelf een gitaar. In de handleiding die je docent heeft, zit een werkblad. Je ziet de zelfgemaakte gitaar getekend in figuur 14.



Figuur 14. De zelfgemaakte gitaar.

Aan de hand van de stappen in paragraaf 2 ga je bekijken waarom de gitaar zo ontworpen is als je 'm nu kent, en ook hoe daarbij de natuurkunde is gebruikt.

Je begint weer met vast te stellen wat je precies gaat ontwerpen (stap 1). Dat is in dit geval: een instrument, waarbij je met snaren verschillende tonen kunt maken.

Hoe kun je nu met snaren verschillende tonen krijgen. Welke mogelijke oplossingen kun je daarvoor bedenken (dat is de tweede stap) ?

Daarvoor gebruik je de volgende kennis uit de natuurkunde.

1. De **dikte** van een snaar bepaalt de toonhoogte. Hoe dikker de snaar, hoe lager de toon,
2. de **lengte** van de snaar bepaalt de toonhoogte. Hoe langer de snaar, hoe lager de toon,
3. de **spanning** in de snaar bepaalt de toonhoogte. Hoe strakker de snaar gespannen is, hoe hoger de toon.

Er zijn dus drie mogelijke oplossingen om verschillende tonen met een snaar voort te brengen: dikke en dunne snaren nemen, de lengte van de snaar veranderen en de snaar strakker of minder strak spannen.

De derde stap is het kiezen van de beste oplossing. Welke oplossing is bij een gitaar gekozen ? Neem je gitaar voor je en bekijk, hoe de toonhoogte wordt veranderd.

Je ziet, dat er op een gitaar meer dan één snaar zit.

Kijk goed naar de verschillende snaren. Welke mogelijke oplossing voor het veranderen van de toonhoogte is hier toegepast ?

Met welke snaar maak je de hoogste tonen ? Met welke de laagste ?

Er zijn nog meer manieren gebruikt om de toonhoogte te veranderen.

Op de gitaar zitten kleine blokjes. Die heten **frets** (kijk in figuur 14. Wat doe je met die frets ?

Welke mogelijke oplossing is hier toegepast om de toonhoogte van de snaar te veranderen ?

Bovenaan de gitaar zie je schroeven, waarmee je de snaren aan kunt spannen. Dat is de derde mogelijkheid op een gitaar om de toonhoogte van de snaren te veranderen.

Je ziet, dat meer dan één mogelijke oplossing is toegepast om de toonhoogte van de snaren te veranderen.

Maar ze zijn niet alle op dezelfde manier toegepast.

Je verandert de toonhoogte namelijk zowel bij het stemmen van de gitaar (vóórdat je er iets op gaat spelen) en tijdens het spelen.

Welke mogelijke oplossing is toegepast om de toonhoogte te veranderen bij het stemmen vooraf ?

Welke mogelijkheden zijn toegepast om de toonhoogte te veranderen tijdens het spelen ?

Kun je bedenken waarom dat zo verdeeld is ?

Bij het uitwerken van het ontwerp van de gitaar (de vierde stap) hebben de ontwerpers en ontwerpsters van de gitaar aan het volgende gedacht:

- hoe versterk je de trilling van de snaar ? Alleen een trillende snaar kun je nauwelijks horen. Daar kun je geen concert mee geven.

Men heeft ervoor gekozen om dat te doen met een **klankkast** (in paragraaf 1 heb je gelezen over de klankkast bij een stemvork).

De snaren lopen over een blokje hout, dat op de klankkast is vastgemaakt. Je noemt dat blokje hout de **kam** van de gitaar.

De kam brengt de trilling van de gitaar over op de klankkast. De lucht in de klankkast gaat met de klankkast meetrillen. Zo wordt de toon versterkt.

- Nu heb je er niet veel aan als de trilling van de lucht binnen de klankkast blijft. De lucht erbuiten moet ook meetrillen.
Wat is er aan de klankkast ontworpen om daarvoor te zorgen ?
Dek het gat in de klankkast eens af met een stuk papier of iets dergelijks.
Wat is dus de functie van het klankgat ?

Samenvatting

Er zijn vier soorten muziekinstrumenten: blaasinstrumenten, snaarinstrumenten, slaginstrumenten en elektrische instrumenten. De gitaar is een snaarinstrument. De toon wordt voortgebracht door een trillende snaar.

De toonhoogte wordt bepaald door de dikte, de lengte en de spanning van de snaar.

Het geluid van de snaar wordt versterkt met een klankkast.

Als je gitaar speelt stem je eerst de gitaar met de stenschroeven.

Daarmee verander je de spanning in de snaren. Tijdens het spelen maak je verschillende tonen door de lengte van de snaren te veranderen met de frets en door van snaar te veranderen.

Opgaven

10. Maak de volgende zinnen af door het juiste antwoord te kiezen.
- a. Hoe korter de snaar, hoe hoger/lager de toon.
 - b. Hoe dikker de snaar, hoe hoger/lager de toon.
 - c. Hoe minder lucht er meetrilt hoe beter/slechter je de toon hoort.

11. Waarom klinkt een basgitaar veel dieper dan een gewone gitaar ?
12. Bij het ontwerpen van de gitaar is één van de keuzen het aantal snaren op de gitaar.
Hoeveel snaren zitten er op een gitaar en waarom ?
13. Van welk materiaal zijn de snaren van een gitaar gemaakt.
Waarom is dat materiaal gekozen ?



4. ELEKTRONISCHE MUZIEKINSTRUMENTEN

Ongeveer honderd jaar geleden werd er vooral muziek gemaakt in zalen, die daar speciaal voor gebouwd waren. Er zaten veel mensen stil te luisteren. Het geluid van een gitaar was hard genoeg voor zo'n concert. De hele zaal kon het goed horen. Zo gaat het bij klassieke gitaar-concerten nog steeds. Maar toen de popmuziek opkwam werd het aantal bezoekers steeds groter. Bovendien wilden die mensen meezingen en meedansen. Dan is een gewone gitaar natuurlijk niet meer te horen.

In de vorige paragraaf heb je gezien hoe de gitaar is ontworpen en gemaakt.

Nu is de gitaar al enige tijd in gebruik. Daarbij is gebleken, dat de gitaar tekort schiet bij popconcerten.

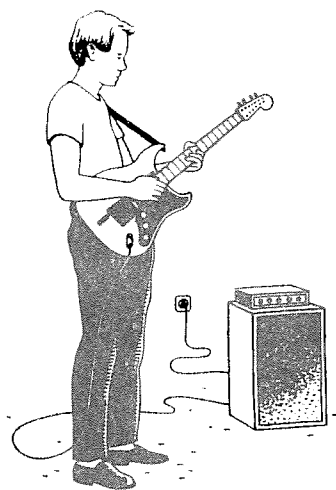
Om dat te verbeteren moeten we dus enkele stappen terug in het ontwerpen.

We moeten andere mogelijke oplossingen bedenken voor het versterken van het geluid van de trillende snaar.

Bedenk andere mogelijke oplossingen voor dit ontwerp-probleem.

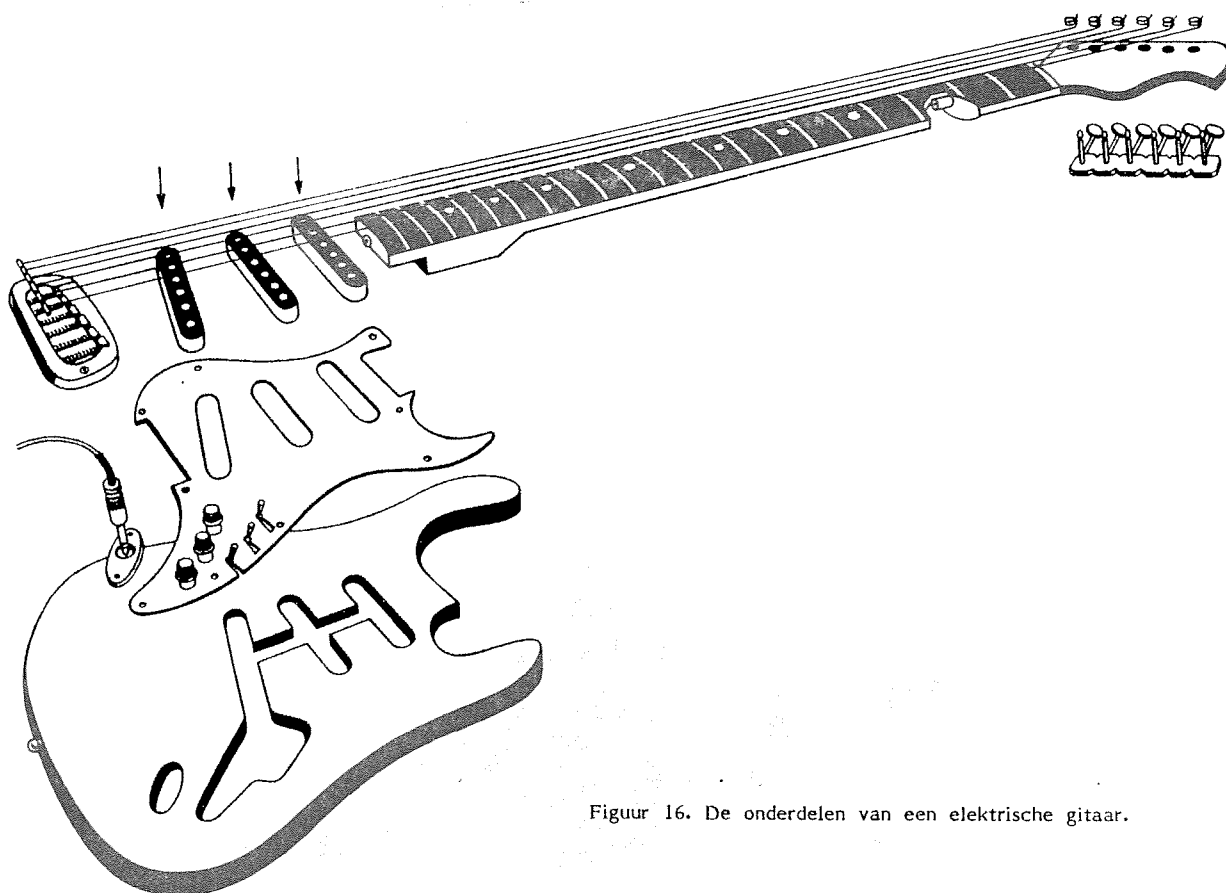
Je zou daarvoor gebruik kunnen maken van het verschijnsel elektriciteit. In de natuurkunde leer je over elektriciteit. Met bepaalde elektrische schakelingen kun je een elektrische signaal versterken. Als je de trilling van een snaar omzet in een elektrische trilling kun je die versterken met zulke schakelingen.

Je krijgt op die manier een **elektrische gitaar**.



Figuur 15. Een elektrische gitaar.

In figuur 16 zie je hoe een elektrische gitaar is opgebouwd.



Figuur 16. De onderdelen van een elektrische gitaar.

Welke onderdelen van de elektrische gitaar komen overeen met die van de klassieke gitaar uit paragraaf 3 ?

Een belangrijk verschil zit in de klankkast van beide soorten gitaren. Welk verschil is dat ?

Als je goed kijkt zie je dat een elektrische gitaar eigenlijk geen echte klankkast heeft. Een klankkast moet immers hol zijn, anders kan er geen lucht in meetrillen.

Het geluid wordt eerst met kleine microfoons omgezet in een elektrische trilling. Die kleine microfoons heten **elementen**. De elektrische trilling gaat dan via het snoer aan de gitaar naar de versterker. Daar wordt de elektrische trilling versterkt.

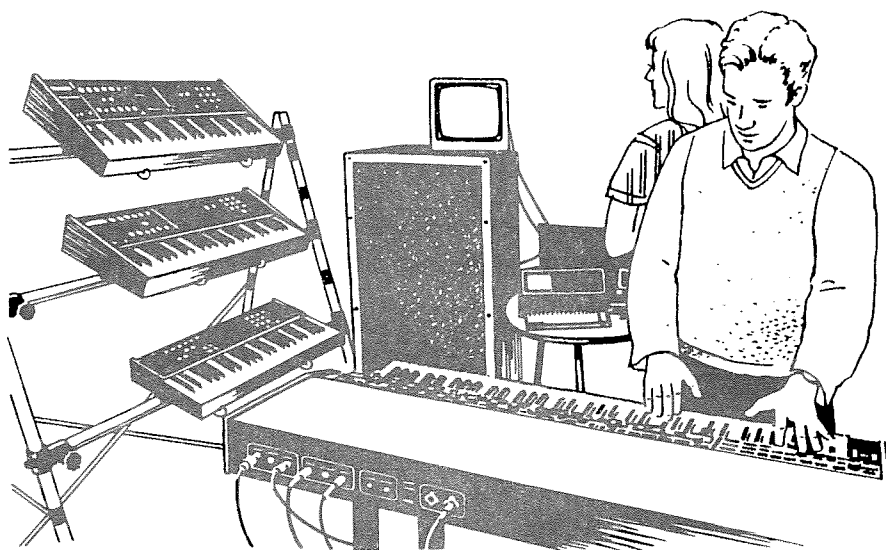
Met een luidspreker wordt de elektrische trilling weer omgezet in een trilling van de lucht.

In extra stof blad 2 maak je zelf een eenvoudige elektrische gitaar.

Een tweede soort instrumenten, die je vaak ziet in een popgroep, zijn de elektronische toetsinstrumenten. Daar horen de elektronische piano, het elektronisch orgel en de synthesizer bij. In extra stof blad 1 lees je over de geschiedenis van de elektronische muziekinstrumenten.

Het verschil met de elektrische gitaar is, dat de toon niet alleen elektrisch versterkt wordt, maar ook elektrisch wordt gemaakt.

De **synthesizer** zie je in figuur 17 getekend.



Figuur 17. De synthesizer.

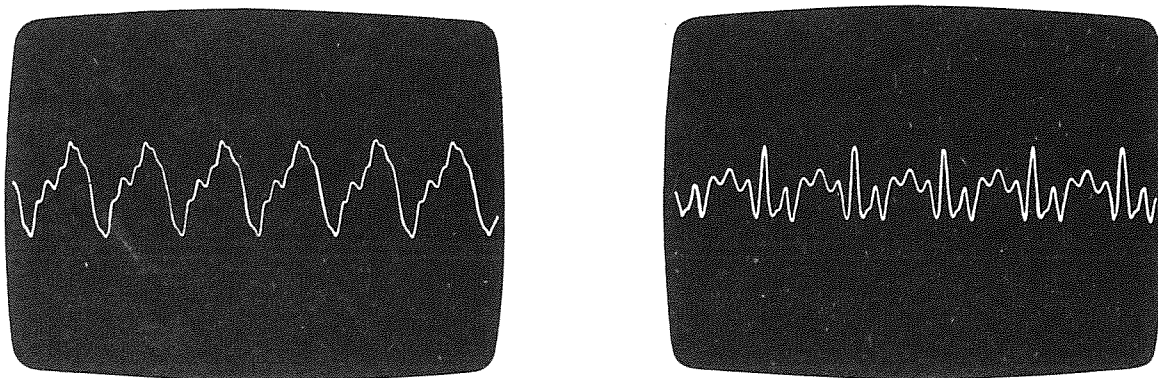
Je kunt met dit instrument allerlei vreemde geluiden maken, bijvoorbeeld een deurbel, het tikken van een klok en het ruisen van de zee.

Hoe werkt nu zo'n synthesizer ? Het is een tamelijk ingewikkeld apparaat. Daarom lees je er hier niet alles over. Maar het idee erachter is eenvoudig.

Het woord **synthesizer** betekent letterlijk: samensteller.

Wat stelt zo'n synthesizer dan samen ?

Dat kun je begrijpen als je figuur 18 bekijkt en de tekst eronder leest.



Figuur 18. Het beeld van een oscilloskoop.

Dit plaatje is zo gemaakt: iemand heeft een toon op een instrument gespeeld. Die toon is door een mikrofoon omgezet in een elektrische trilling. Die elektrische trilling is zichtbaar gemaakt met een oscilloskoop, een soort TV-scherm.

Het linkerplaatje is gemaakt door een toon te maken met een viool, bij het rechterplaatje is dezelfde toon met een hobo gemaakt.

Je ziet, dat elk instrument een ander patroon heeft. In paragraaf 1 heb je gelezen, dat elk instrument een andere **klankkleur** heeft. Dat vind je terug in de verschillende plaatjes, die de tonen geven in figuur 18.

Misschien kan je lerares of leraar zo'n plaatje laten zien als er een oscilloskoop aanwezig is.

Met een synthesizer kun je zelf een elektrische trilling samenstellen, die er net zo uitziet als op het plaatje van de oscilloscoop.

De toon, die bij dat plaatje hoort, klinkt dan net als de toon die de viool speelde. Zo kun je dat doen met elke gewenste toon. Ook met de toon van een klokkespel of een kerkorgel.

De onderdelen van de synthesizer, die de trilling maken, noem je **oscillatoren**. Met de knoppen op de synthesizer verander je de instelling van de oscillatoren, zodat ze een andere trilling maken. Als je de kans krijgt om naar een synthesizer te luisteren, moet je maar eens horen hoeveel verschillende geluiden je kunt maken met dat instrument.

Samenvatting

De klassieke gitaar is te zwak om in een popconcert te horen. In de techniek is dat probleem opgelost door een ander instrument te ontwerpen: de elektrische gitaar. Daarbij is gebruik gemaakt van elektriciteit, een verschijnsel, dat je kent uit de natuurkunde.

In een elektrische gitaar worden de tonen van de snaren versterkt met elektriciteit in plaats van met een klankkast.

Na de elektrische gitaar zijn ook andere instrumenten ontworpen, die gebruik maken van elektriciteit: bijvoorbeeld het elektronisch orgel en de synthesizer.

Met de synthesizer kun je veel geluiden maken. Een synthesizer maakt een elektrische trilling, die er net zo uit ziet als een trilling van een geluid, dat je wilt nabootsen.

Opgaven

14. Iemand beweert, dat de elektronische muziekinstrumenten de eerste muziekinstrumenten zijn, waarbij de techniek te pas komt.
Ben je het daarmee eens of niet ?
Licht je antwoord toe.
15. Waarom zijn de elektronische muziekinstrumenten pas in onze eeuw bedacht, denk je ?
Wat was eerst nodig om ze te kunnen ontwerpen ?
16. Bij versterkers wordt opgegeven hoeveel watt ze geven.
Zo heb je bijvoorbeeld een versterker van 100 watt.
Wat betekent dat gegeven ?
17. In de techniek ontwerp je iets omdat er behoefte aan is.
Het ontwerpen kan een nieuwe behoefte opwekken.
Een voorbeeld daarvan is de elektrische gitaar.
Daar kwam behoefte aan nadat de klassieke gitaar was ontworpen.
Geef een ander voorbeeld.

5. MUZIEK IN ONS DAGELIJKS LEVEN

De hele dag door kun je hits op de radio horen. Maar voordat je ze op de radio hoort is er heel wat aan vooraf gegaan. In deze paragraaf lees je daarover meer. Er worden enkele beroepen in genoemd, die met muziek te maken hebben.

Over beroepen, die met het maken van muziekinstrumenten te maken hebben, heb je al iets gelezen aan het eind van paragraaf 2 en aan het begin van paragraaf 3.

Nu gaat het meer over beroepen, die te maken hebben met de productie van muziek.

Het maken van muziek begint bij de **componist** van het muziekstuk.

Die heeft een bepaalde melodie in zijn of haar hoofd.

Met het liedje in het hoofd bepaalt de componist door welke muziekinstrumenten het gespeeld moet worden. Dat gebeurt meestal samen met een **producer** of **arrangeur**. Dat is iemand die bij de melodie van het liedje andere passende melodieën gaat bedenken voor bijvoorbeeld de gitaren, de toetsinstrumenten en het rythme van het drumstel.

Het liedje staat helemaal op muziekpapier geschreven als de producer of arrangeur samen met de componist klaar is. Met dit stuk papier gaat de arrangeur naar de studio.

De producer zoekt, samen met de componist, de geschikte **muzikanten** uit die het muziekstuk gaan spelen. Met hun instrumenten komen de muzikanten naar de studio.

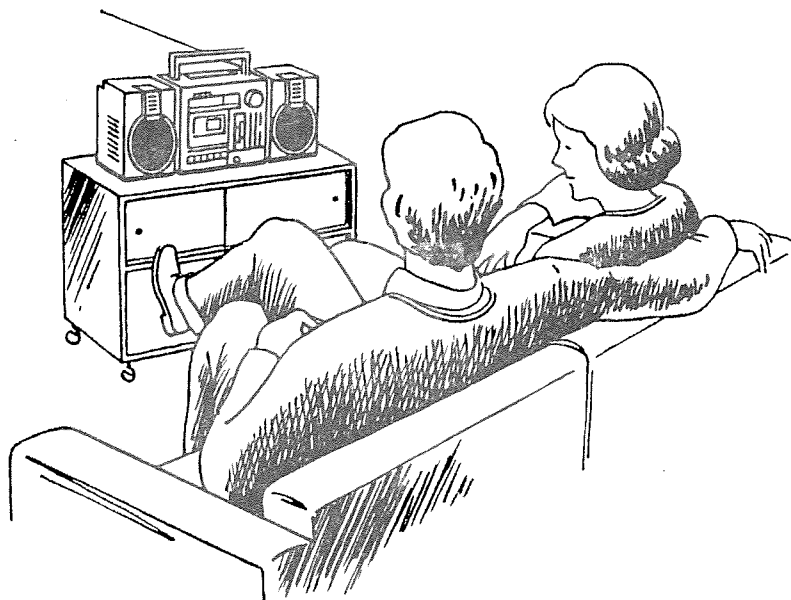
Een **geluidstechnikus** zorgt ervoor, dat het stuk muziek op een geluidsband komt te staan. Hij of zij neemt alles op met een speciale bandrecorder.

De band gaat vervolgens naar de **platendrukkerij**. Daar wordt van de geluidsband een plaat gemaakt. Dat gaat tegenwoordig bijna helemaal automatisch. Er wordt ook gezorgd voor een mooie hoes om de plaat. Vaak worden daarvoor foto's gemaakt van de muzikanten of de groep die de muziek gespeeld heeft. De platen worden in de platendrukkerij in de hoes gestoken. Je hebt dan de platen.

Nu moet er nog iemand voor zorgen, dat de plaat op de radio komt.

Hiervoor worden de platen naar de **disc-jockeys** gebracht, die een programma presenteren op de radio.

De producer hoopt dan dat het plaatje vaak gedraaid wordt, zodat het een hit wordt.



Figuur 19. Luisteren naar een hit op de radio.

Opgaven

18. Geef aan op welke plaatsen in dit verhaal je de techniek tegenkomt.
19. Maak het verhaal dat je gelezen hebt verder af door te vertellen wat je voor techniek kunt gebruiken als de hit eenmaal op de radio te horen is.
20. Er zijn in het verhaal diverse beroepen genoemd.
Zoek in een beroepengids op welke opleiding je gevolgd moet hebben om die beroepen te kunnen uitoefenen.
Is er bij jou in de buurt zo'n opleiding ?

6. NATUURKUNDE EN TECHNIEK

In dit lespakket gaat het over natuurkunde en techniek.

In deze paragraaf lees je eerst wat natuurkunde en techniek met elkaar te maken hebben. Je leest er wat techniek betekent.

Daarna lees je hoe je in de techniek iets ontwerpt. Het ontwerpen is erg belangrijk in de techniek. In paragraaf 2 heb je zelf iets ontworpen.

Aan het eind van deze paragraaf vind je enkele opgaven en opdrachten. Daarmee kun je nagaan of je deze paragraaf hebt begrepen.

Natuurkunde en techniek

Het lespakket, dat je nu voor je hebt, is er één uit een serie, die heet: Natuurkunde en Techniek.

Deze serie is bedoeld om te gebruiken bij het vak natuurkunde. In het dagelijks leven kom je veel in aanraking met verschijnselen, die je in het vak natuurkunde probeert te begrijpen.

Je komt ook regelmatig met de techniek in aanraking, ook jij. De techniek heeft te maken met de manier waarop je je kleedt, de manier waarop je van huis naar school gaat, de manier waarop je je vrije tijd doorbrengt.

De natuurkunde speelt een belangrijke rol in de techniek.

Op school bereid je je voor op je toekomstig beroep. Bij veel beroepen is de techniek erg belangrijk. Misschien werk jij later wel in de techniek.

In de lessen Natuurkunde en Techniek leer je dingen over techniek. Je krijgt een indruk van wat techniek is, en wat natuurkunde met techniek te maken heeft.

Wat is techniek?

Bij techniek moet je niet altijd denken aan grote en ingewikkelde dingen. Soms is techniek inderdaad groot en ingewikkeld. Denk aan grote, ingewikkelde machines in de industrie.

Maar vaak is techniek heel eenvoudig. Als je iets bedenkt, ontwerpt, maakt en gebruikt, spreek je van techniek. Dat kan bijvoorbeeld een simpele boekenplank voor je kamer zijn of een brievenstandaard. In dit lespakket was het een eenvoudige blokfluit.

Mensen zijn altijd bezig geweest om dingen te bedenken, te ontwerpen en te maken. Techniek is dus heel oud.

Techniek is niet alleen voor jongens. Ook meisjes kunnen dingen bedenken, ontwerpen en maken. Ook als meisje kun je een technische opleiding volgen en in de techniek gaan werken.

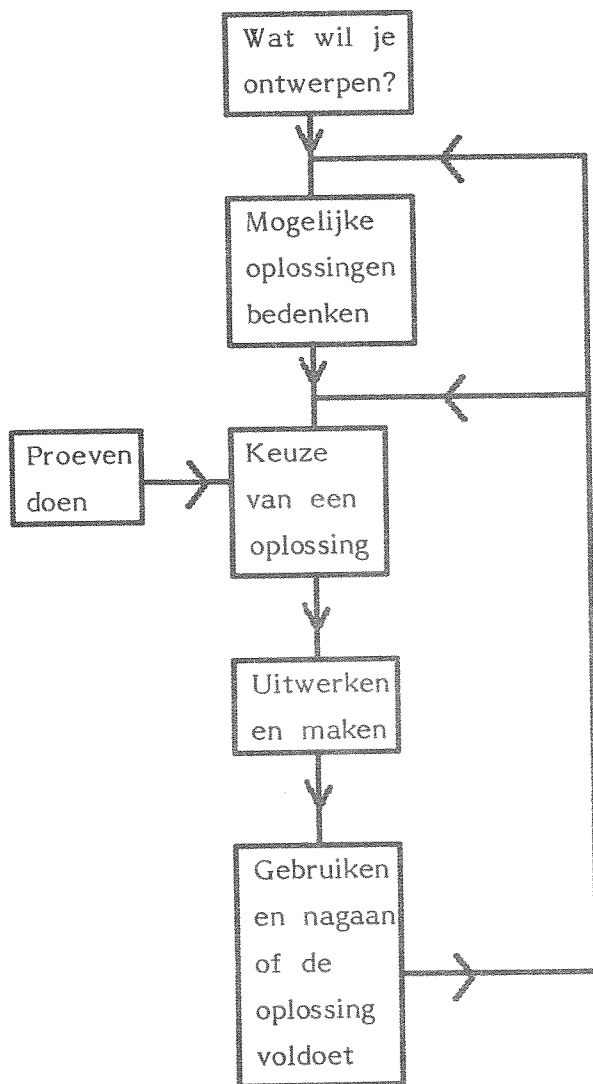
Bij techniek denk je al gauw aan machines en apparaten. Die horen zeker ook bij de techniek. Maar in de eerste plaats gaat het in de techniek om mensen, die dingen bedenken, ontwerpen, maken en gebruiken. Die dingen kunnen machines en apparaten zijn, maar ook een fiets, een pan of schoenen. Als je in de techniek werkt, ga je net zo goed met mensen om als met machines.

Bij het ontwerpen van technische dingen gebruik je dikwijls kennis uit de natuurkunde. Voorbeelden daarvan vind je steeds in de lessen over Natuurkunde en Techniek. Je bent ze in de vorige paragrafen steeds tegengekomen.

Omgekeerd gebruik je in de natuurkunde vaak technische voorwerpen: bijvoorbeeld een liniaal om lengtes te meten, of een batterij om spanning te krijgen.

Ontwerpen in de techniek

In paragraaf 2 heb je zelf een blokfluit ontworpen. Dat deed je in een reeks stappen. In figuur 20 zie je een tekening, die aangeeft welke stappen dat zijn. Zo'n tekening heet een **stroomdiagram**. Als je de pijltjes in het diagram volgt, kom je alle stappen tegen, die je bij het ontwerpen in de techniek doorloopt.



Figuur 20. Ontwerpen in de techniek.

Het ontwerpen begint altijd met precies vast te stellen wat je wilt ontwerpen. Daarbij bedenk je aan welke eisen het moet voldoen: hoe duur mag het worden, hoe lang moet het meegaan, is het makkelijk te maken, ziet het er mooi uit ?

Vervolgens bedenk je enkele mogelijke oplossingen. Daarbij gebruik je je fantasie. Vaak helpt het om te denken aan voorwerpen, die je al kent of dingen, die je weet uit de natuurkunde.

Daarna kies je de beste oplossing. Om uit te vinden wat de beste oplossing is, doe je vaak proeven. Soms maak je een model van wat je wilt ontwerpen en je doet daarmee proeven.

Je werkt vervolgens de gekozen oplossing verder uit en maakt het voorwerp. Je brengt zonodig verfijningen en verbeteringen aan.

Dan neem je het voorwerp, dat je hebt gemaakt, in gebruik. Soms blijkt meteen, dat het niet voldoet.

Dan ga je terug naar de derde stap: je kiest een andere mogelijke oplossing of je bedenkt nog andere mogelijke oplossingen (je gaat dan terug naar de tweede stap).

Het komt voor, dat je pas na een poosje ontdekt, dat het toch beter of mooier had gekund. Ook dan ga je enkele stappen terug in het diagram.

Opgaven

21. Noem voorbeelden waaruit blijkt, dat primitieve volken ook al techniek bedreven.
22. Wat zijn volgens jou verschillen tussen de techniek van vroeger en de moderne techniek ?
23. Ken jij meisjes of vrouwen, die een technische studie volgen of een technisch beroep uitoefenen ?
24. Verzamel een week lang alle berichten in de krant, die met techniek te maken hebben.
25. Hoe zou het komen, dat veel jongens en meisjes bij techniek alleen aan apparaten en machines denken ?
26. Vind je dat een pollepel met techniek te maken heeft ?
En een plastic bekertje ?

HERHAALSTOF

1. BEGRIPPEN UIT DE NATUURKUNDE

Dit herhaalblad doe je als je wat moeite hebt met de begrippen uit de natuurkunde. Daarom noemen we ze hier nog een keer.

Hieronder vind je de begrippen uit de natuurkunde die met geluid te maken hebben kort omschreven.

Toon: die wordt voortgebracht door een trillend voorwerp.

Dat kan bijvoorbeeld een trillende breinaald zijn maar ook een trillende snaar of een trillende kolom lucht.

Soms zie je de trilling niet of nauwelijks.

Frequentie en toonhoogte: als een voorwerp sneller trilt dan een ander voorwerp, zeg je dat de trilling een grotere **frequentie** heeft. Je hoort dan een hogere toon. De frequentie is het aantal trillingen per seconde. 60 trillingen per seconde noem je 60 herz (afgekort 60 Hz).

Toonsterkte: als een voorwerp heftiger trilt dan een ander voorwerp (met een grotere uitwijking) hoor je een harder geluid. Je zegt dan dat de **toonsterkte** groter is.

Vaak gebruik je een klankkast om de toonsterkte groter te maken.

Door de klankkast gaat er meer lucht meetrillen.

Klankkleur: het ene geluid klinkt scheller of zachter dan het andere. Het heeft dan een andere **klankkleur**.

De volgende proefjes laten het bovenstaande zien.

Proef 1.

Neem een elastiekje. Span het tussen je vingers.

Trek eraan en laat het dan los.

Wat hoor je ?

Wat zie je als je goed kijkt naar het elastiekje terwijl het geluid maakt ?

Hoe ontstaat geluid dus ?

Proef 2

Rek het elastiekje wat verder uit.
Geef het weer een uitwijking en laat los.
Welk verschil met daarnet hoor je ?
Heeft het geluid nu een grotere of een kleinere frequentie ?
Leg je antwoord uit.
Trilt het elastiekje nu sneller of langzamer dan bij proef 1 ?

Proef 3

Geef het elastiekje eerst een kleine uitwijking en daarna een grotere.
Welk verschil hoor je ?
In welk geval is de toonsterkte het grootst ?

Opgaven

1. Jan laat een breinaald snel trillen.
Volgens Marian moet je de breinaald langzamer laten trillen om een lagere frequentie te krijgen.
Heeft ze gelijk ?
2. Op een stemvork staat: frequentie is 800 Hz.
Wat betekent dat ?
Op een andere stemvork staat: 1000 Hz.
Welke stemvork geeft de hoogste toon ?
3. Jacqueline speelt op een trommel.
Hoe kan ze de toonsterkte van de tonen vergroten ?

HERHAALSTOF

2. HET ONTWERPEN EN MAKEN VAN EEN MUZIEKINSTRUMENT

In paragraaf 2 heb je zelf een fluit ontworpen en gemaakt.

Dat was een voorbeeld van hoe je in de techniek gebruik maakt van de natuurkunde om iets te ontwerpen. Misschien vond je dat moeilijk. Dan zie je in dit herhaalblad alle stappen achter elkaar.

Om te laten zien hoe je in de techniek iets ontwerpt, geven we een voorbeeld: het ontwerpen van een soort **xylofoon**.

Dat is een muziekinstrument met een aantal houten of metalen plaatjes. Je maakt een melodie door met een hamertje op de plaatjes te slaan.

In het voorbeeld hieronder gaat het niet om een echte xylofoon, maar om een instrument, dat erop lijkt.

Eerste stap

Je begint met vast te stellen wat je precies wilt ontwerpen.

Je wilt een instrument maken, dat verschillende tonen kan geven als je erop slaat met een stokje.

Tweede stap

Je bedenkt verschillende mogelijke oplossingen voor dit probleem.

Daarbij gebruik je iets dat je weet uit de natuurkunde: de toonhoogte van een trillende luchtkolom verandert als de lengte van de luchtkolom verandert.

Mogelijke oplossingen zijn: verschillende flessen, die tot verschillende hoogte met water zijn gevuld; pijpen van verschillende lengte, waartegen je moet slaan. Zo kun je zelf nog verschillende andere mogelijkheden bedenken.

Derde stap

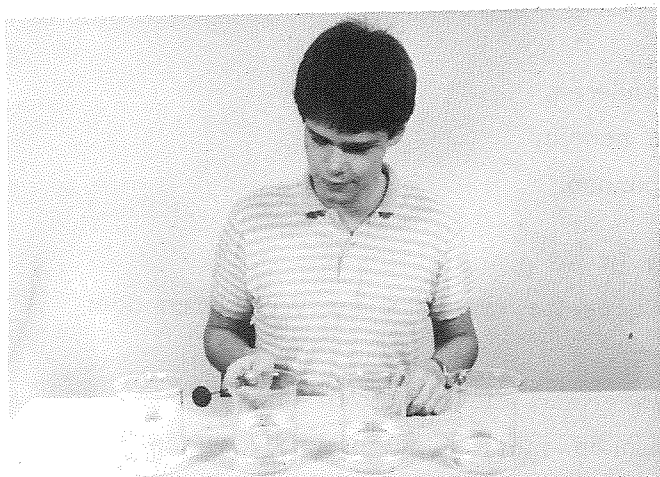
Je kiest nu de beste oplossing. Vaak doe je daarvoor proeven om de diverse mogelijkheden te proberen.

Als je dat hier doet, merk je dat de flessen een goed geluid geven. Pijpen hoor je niet als je ertegen slaat.

Dus kies je ervoor om het instrument te maken van verschillende flessen, die met water zijn gevuld.

Vierde stap

Deze stap is het uitwerken van de gekozen oplossing (bijvoorbeeld: welke vorm moeten de flessen hebben, moeten het glazen of plastic flessen zijn) en het uitvoeren van het ontwerp.



Figuur 21. Een zelfontworpen xylofoon.

Vijfde stap

Je neemt het instrument in gebruik en beoordeelt of het aan je wensen voldoet.

Zo niet, dan bedenk je nog andere mogelijke oplossingen of je kiest een andere mogelijkheid, die je al bedacht had.

Opgave

Je kunt nagaan of je het bovenstaande begrepen hebt door alle bovenstaande stappen uit te schrijven voor een ander voorbeeld: het ontwerpen en maken van een fluit.

Je kunt steeds in paragraaf 2 terugzoeken of je het goed doet.

HERHAALSTOF

3. DE GITAAR EN DE ELEKTRONISCHE MUZIEKINSTRUMENTEN

In de paragrafen 3 en 4 zijn voorbeelden van muziekinstrumenten aan de orde geweest: de gitaar en de elektronische muziekinstrumenten.

Misschien is je niet duidelijk geworden waarom die zó ontworpen zijn als je ze nu kent. Dan kan dit herhaalblad je helpen om het alsnog te begrijpen.

A. De gitaar

Je wilt een instrument ontwerpen dat met een trillende snaar verschillende tonen geeft.

Uit de natuurkunde weet je dat je de toonhoogte van een trillende snaar op drie manieren kunt veranderen:

- door de **lengte** van de snaar te veranderen,
- door de **dikkere** of **dunnere** snaar te nemen,
- door de snaar meer of minder te **spannen**.

Deze drie manieren zijn alle toegepast in de gitaar:

- je kunt de lengte van het trillende gedeelte van de snaar veranderen door de snaar achter een **fret** te drukken,
- er zitten **verschillende snaren** op een gitaar, die niet even dik zijn,
- je kunt de snaren verschillend spannen met de **stemschroeven** aan het bovenste eind van de gitaar.

Omdat de toon van een snaar vrij zwak is, zit er een klankkast op de gitaar om de toonsterkte te vergroten.

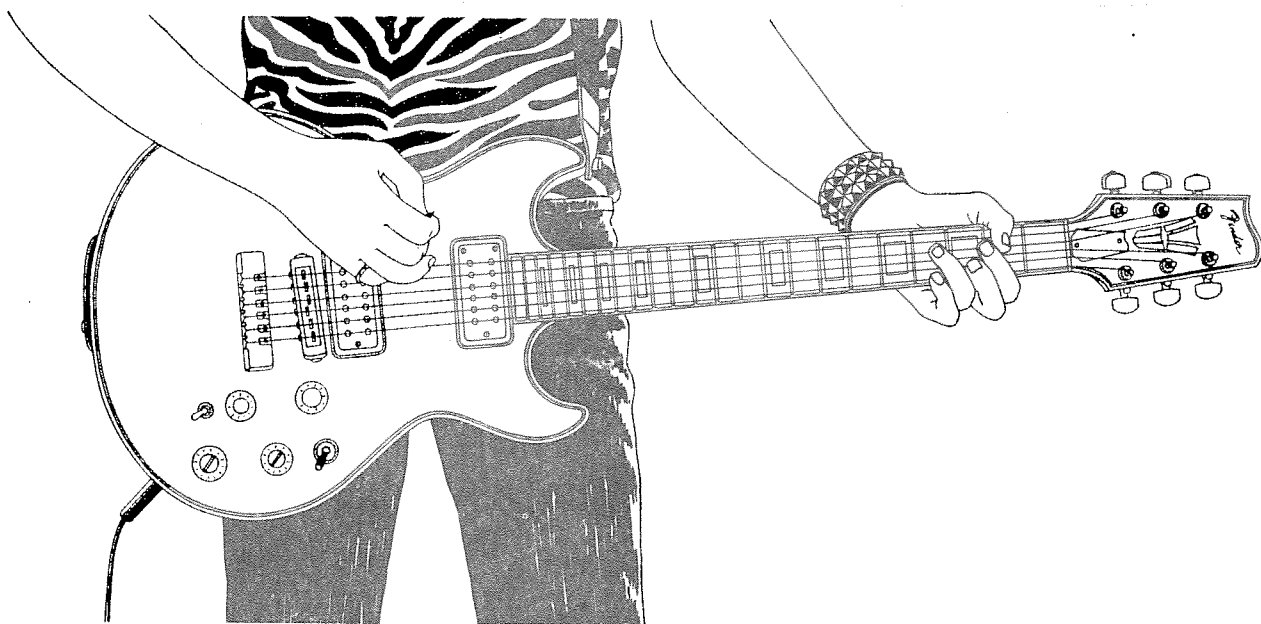
Als je in een stille ruimte naar een gitaar luistert, klinkt deze mooi en hard genoeg. Maar als je wilt meedansen en zingen is het geluid te zwak. Zeker in een grote zaal met veel mensen.

Een oplossing daarvoor, die in de techniek is bedacht, is het volgende: maak gebruik van iets uit de natuurkunde, namelijk elektriciteit.

Met een elektrische versterker kun je geluid versterken. Die versterker is natuurlijk niet van de ene dag op de andere gemaakt.

Hoe die ontworpen is, lees je hier verder niet.

Als je het geluid van een gitaar opvangt met een kleine microfoon, een **element**, en je versterkt dan elektrisch het geluid, spreek je van een elektrische gitaar.



Figuur 22. Een elektrische gitaar.

Ook van andere muziekinstrumenten kun je het geluid elektrisch versterken. Zo krijg je allerlei elektrische muziekinstrumenten. Sommige elektronische muziekinstrumenten maken zelf de tonen die ze versterken. Voorbeelden daarvan zijn: het elektronisch orgel, de synthesizer.

Met een **synthesizer** kun je de toon zo maken dat hij lijkt op de toon van een ander instrument, bijvoorbeeld van een viool of van een piano. Je kunt er ook allerlei andere geluiden mee nabootsen.

Synthesizer betekent letterlijk: samensteller.

Opgaven

1. Mary heeft een gitaar waarvan de snaar, die de hoge tonen gaf, gesprongen is.
Hoe kan ze proberen met een andere snaar toch die hoge tonen te spelen?
Waarom zal dat vaak niet lukken?
2. Peter koopt een elektrische gitaar. Hij ziet dat de gitaar eigenlijk helemaal geen klankkast heeft, want het gedeelte, waarover de snaren lopen, is niet hol, maar massief.
Waarom is die klankkast bij een elektrische gitaar niet nodig?
3. Kun je met een synthesizer ook het geluid van een miauwende kat nadoen?
Waarom wel of waarom niet?

EXTRA STOF

1. DE GESCHIEDENIS VAN DE ELEKTRONISCHE MUZIEKINSTRUMENTEN

Het eerste elektronische muziekinstrument is in 1899 uitgevonden door William Duddell. Deze had de opdracht gekregen om het zingend geluid van straatlantaarns te onderzoeken. Die lampen maakten een akelig geluid als ze brandden. Met enkele kleine veranderingen in het ontwerp van de straatlantaarns maakte hij een soort muziekinstrument, dat de "Singing Arc" (de "zingende boog") genoemd werd.

Je ziet dat de uitvinding van het eerste elektronische muziekinstrument min of meer toevallig gebeurd is: een natuurkundige wordt gevraagd te onderzoeken, waarom een straatlantaarn zo fluit en deze ontwerpt als technicus een muziekinstrument.

Na Duddell zijn er vele anderen geweest die een elektronisch muziekinstrument bedacht hebben. Soms hadden ze de raarste vormen.

Een belangrijke uitvinding, die gevolgen had voor de elektronische muziek, was de radiobuis. Daarmee kon je **kleine stroompjes versterken**.

Dat gebruik je in de elektronische muziekinstrumenten.

Enkele jaren later werd een tweede belangrijke ontdekking gedaan:

De uitvinding van de **transistor**. Die kan hetzelfde als de radiobuis, maar is veel kleiner en bovendien erg gemakkelijk in grote hoeveelheid te maken.

Door de kleine transistor konden allerlei apparaten (waaronder de elektronische muziekinstrumenten) veel kleiner gemaakt worden.

Je kunt dat goed zien als je een moderne transistorradio vergelijkt met een 50 jaar oude radio met buizen.

Nog later zijn heel uitgebreide schakelingen op kleine stukjes kunststof gezet: de **chip**. Daardoor konden de instrumenten nog kleiner gemaakt worden. Bij de synthesizer (waar een groot aantal chips in opgenomen zijn) kun je met zeer ingewikkelde schakelingen, die toch nauwelijks plaats innemen, allerlei geluiden maken. Over de werking ervan heb je in paragraaf 4 meer kunnen lezen.

Opgaven

1. Zoek in boeken over elektronische muziekinstrumenten plaatjes van oude elektronische muziekinstrumenten op.
2. Zoek ook plaatjes op van moderne elektronische muziekinstrumenten.
Je kunt daarvoor ook in een muziekhandel folders vragen.
3. Vergelijk de plaatjes van de vorige twee opgaven.
Welke verschillen vallen op?
Zie je ook overeenkomsten tussen deze soorten muziekinstrumenten.
4. Kies één elektronisch muziekinstrument uit (bijvoorbeeld het elektronisch orgel) en schrijf er in het kort de geschiedenis van op.
Wie heeft het ontworpen?
Welke natuurkunde kwam er bij het ontwerpen te pas?
Welke verbeteringen zijn later aangebracht?

EXTRA STOF

2. ZELF EEN ELEKTRISCHE GITAAR MAKEN

Met behulp van dit werkblad kun je zelf een elektrische gitaar maken. Het gaat om een ontwerp van een elektrische gitaar, die je met een dikke snaar als basgitaar kunt laten klinken of met een dunne snaar als "solo-gitaar". Je kunt er geen accoorden op spelen, want er zit maar één snaar op en ook één **element** (wat dat is kun je nakijken in paragraaf 4).

Het principe van de elektrische gitaar is dat de trillingen van een stalen snaar direct door een magneetje worden opgevangen. Om de snaar heen zijn veel windingen van staaldraad gewikkeld, die als een spoel werken.

Wanneer de snaar trilt, ontstaat er een spanninkje aan de uiteinden van deze spoel. Je leert dat in het onderdeel van de natuurkunde, dat **elektro-magnetisme** genoemd wordt.

Op hetzelfde principe werkt ook de dynamo van je fiets.

De spanning over de spoel wordt versterkt door een elektrische versterker. Daarop kun je een luidspreker aansluiten, zodat je het geluid van de snaar versterkt hoort.

Je hebt al in paragraaf 4 gelezen, dat een elektrische gitaar geen klankkast nodig heeft. Toch zit er altijd wel een klankkast op om hem er mooi uit te laten zien. De vormgeving is in de techniek belangrijk!

Als gitaar-versterker kun je de versterker van je stereoinstallatie gebruiken (gesteld dat je die hebt). Je moet de gitaar dan aansluiten op de microfoon-ingang.

In de handleiding die je docent heeft, zit een werktekening bij dit extra stof blad. Vraag die erbij. Het is verstandig om aan je lerares of leraar of aan de amanuensis te vragen om je te helpen.

De materialen die je nodig hebt zijn:

- een mooie rechte lat van ongeveer 2,8 x 1,8 cm breed en dik en 85 cm lang,
- een spaanplaat van 12 of 15 mm dik met afmetingen 40 x 40 cm,
- een stokje met diameter van 3 mm, ongeveer een meter lang,
- een stukje afvalhout van 1 x 0,5 cm,
- een rond magneetje met een diameter van ongeveer 5 mm en ongeveer 2 cm lang,
- een klosje geëmailleerd koperwikkeldraad, diameter 0,1 mm,
- een stuk pick-up mono snoer van ongeveer 4 meter lang en een zogenaamde "jack-plug",
- soldeer-tin en isolatieband,
- een los gitaar-stem mechaniek met schroefjes. Je kunt hiervoor ook heel goed een houtschroef gebruiken,
- twee koperen spijkers, twee schroeven (2,4 cm lang),
- een lage gitaarsnaar: een stalen, lage E
of
een hoge gitaarsnaar: een stalen, hoge E.

Je ziet, dat het meeste materiaal gemakkelijk en goedkoop bij een doe-het-zelf zaak te krijgen is. Elk meisje of elke jongen kan eraan komen. Alleen de snaar zul je misschien moeten kopen als je geen gitaar hebt.

Als gereedschap heb je nodig:

een soldeerboutje, mesje, tangetje, potlood, liniaal, figuurzaag, rasp, vijl, rattestaartvijl, boortjes, hamer, nijptang, schroevendraaiers, houtlijm, schuurpapier, hobbylijm.

Het in elkaar zetten van de gitaar vereist een klein beetje handigheid. Maar het is voor meisjes en jongens te doen.

Je gaat als volgt te werk.

Boor in de lat, waarover de snaar gaat lopen op ongeveer 5 cm van het uiteinde een gat van 12 mm en dwars daarnaast in de smallere zijkant op dezelfde plaats een gat van 6 mm voor het stemmechaniek (niet helemaal inboren, maar tot halverwege). Het uiteinde van de lat kun je met de figuurzaag zo bewerken dat deze mooi spits uitloopt.

Boor op 20 cm van het andere uiteinde een gat van 15 mm waar straks het element in komt. Op ongeveer 17 cm moet je de lat aan de bovenkant met de rasp en de vijl tot ongeveer halverwege de dikte uithollen, zodat je op deze plaats de snaar kunt aantokkelen zonder tegen de lat te stoten.

Vijl aan de onderkant op ongeveer 15 cm met de rattestaartvijl een klein gleufje van ongeveer 2,5 mm diep, waar straks een snoertje door kan lopen. Aan het uiteinde kun je met een zaagje een gleufje maken waar de snaar met het busje achter kan blijven haken.

De frets, die de snaar kunnen verkorten (zie paragraaf 3) worden van een 3 mm dikke stok gemaakt. Je knijpt met een nijptang stukjes van 3 cm af. Je hebt 18 van die stukjes nodig. Op de lat moet je vanaf 7 cm van het uiteinde (aan de bovenkant) precies afmeten waar de frets komen: de eerste fret komt op die 7 cm, de volgende op 3,6 7,0 10,3 13,3 16,2 18,9 21,5 23,9 26,2 28,3 30,4 32,3 34,1 35,8 37,4 39,0 en 40,4 cm daarvanaf.

Vijl op deze plaatsen met het rattestaartvijltje 18 gleufjes van gelijke diepte waar de frets straks in kunt lijmen.

Vijl daarna de stukjes, die je met de nijptang van de stok afgehaald hebt (dat worden de frets) bij, zodat ze even breed worden als de lat waar ze op komen. Controleer of ze allemaal even hoog komen te liggen. Vijl eventueel een te hoog liggende fret wat bij.

Tussen het gat voor het element en het gleufje voor het snoer kun je 2 koperen spijkers naast elkaar in de zijkant slaan, die iets uitsteken en waar de draadjes van het element later aan worden gesoldeerd.

Voor het element heb je het ronde magneetje nodig. Leg één laagje isolatieband over het magneetje heen en wikkel daarna netjes en gelijkmatig het dunne wikkeldraad eromheen.

Laat het uiteinde van de draad uitsteken en pas op dat het draadje niet afbreekt, want anders moet je opnieuw beginnen.

Je moet zo'n 500 windingen maken om straks een redelijke versterking te krijgen. Na het winden leg je over de spoel een laag isolatieband.

Ook het andere uiteinde van de draad moet uitsteken. Leg het element veilig weg, zodat het niet beschadigt.

De vorm van de klankkast kun je zelf ontwerpen.

Zaag de vorm die je kiest uit een spaanplaat of multiplex-plaat uit.

Je kunt deze eventueel nog beschilderen.

Het snoer dat het element met de versterker verbindt moet aan beide uiteinden open worden gesneden. Haal voorzichtig de isolatie over ongeveer 2 cm met een mesje weg. Je vindt dat een soort afscherming van een aantal dunne draadjes, die je uit elkaar kunt halen. Dan komt een dun, geïsoleerd draadje tevoorschijn.

Draai de vele draadjes opzij, om elkaar heen tot één dikke draad en snij voorzichtig een klein stukje isolatie af van het binnenste draadje. Pak nu de "jack-plug". Verbindt het voorste deel daarvan met de binnenste draad en het achterste met de gewonden draadjes. Haal het snoer eerst door de buitenmantel van de plug en soldeer de draden aan de lipjes van de plug vast. Houdt daarbij de soldeerbout eerst goed tegen de lipjes en voeg dan wat soldeertin toe. Dat moet meteen uitvloeien tot een mooi bolletje.

Je kunt het snoertje aan het andere eind vast solderen aan de koperen spijkers, zodat het mooi vast zit.

De voorgezaagde vorm van de klankkast bevestig je nu met 2 schroeven, die je eerst even moet vóórboren voordat je ze onder de lat zet.

Klem eerst het snoer in het gleufje. Plaats nu het elementje voorzichtig in het gat. Als het niet precies past moet je óf nog wat isolatieband wikkelen of het gat wat uitvijlen. Lijm het met hobbylijm op de juiste plaats vast, zó dat het nog iets (ongeveer 5 mm) boven het gat uitsteekt.

De 2 uiteinden van het snoer aan het element schrap je voorzichtig met een mesje blank (het emaillelaagje eraf).

Soldeer de uiteinden aan de spijkers vast, zodat ze verbonden worden met een plug, die naar de versterker gaat.

Nu de kam nog (in paragraaf 3 heb je gezien waar die voor is).

Maak die ongeveer 1 cm hoog uit een stukje hout. Vijl de kam aan de bovenkant. Plaats het op de lat op ruim 65 cm vanaf de eerste fret. Zet het stemmechaniek in de kop.

Om een goed vol geluid te krijgen moet je voor de bassnaar een dikke stalen E-snaar nemen, die je lager dan deze E stemt. Voor de sologitaar moet je dunne gitaarsnaren gebruiken.

Met de plug sluit je de elektrische gitaar aan op de microfooningang van je versterker. Wanneer je nu op de gitaar speelt, kun je het geluid van de snaar via het element en de versterker net zo hard horen als je wilt.

Succes!

EXTRA STOF

3. DE TROMPET

In paragraaf 2 heb je een voorbeeld gezien van een blaasinstrument: de fluit.

Op de fluit kun je een melodie spelen door in het mondstuk te blazen en je vingers boven de speelgaten op en neer te bewegen.

De tonen met verschillende toonhoogten of frequenties kun je maken door de lengte van de luchtkolom te variëren.

Je weet nog wel:

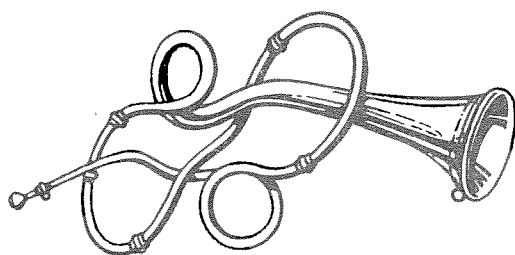
Hoe langer/korter de luchtkolom, hoe lager/hoger de toon.

Streep door wat niet juist is.

Een ander blaasinstrument, waar geen speelgaten op zitten, is de **trompet**. Maar ook op een trompet kun je een melodie, dus ook verschillende tonen spelen.

De trompet is al heel oud.

In figuur 23 zie je een trompet uit 1598.



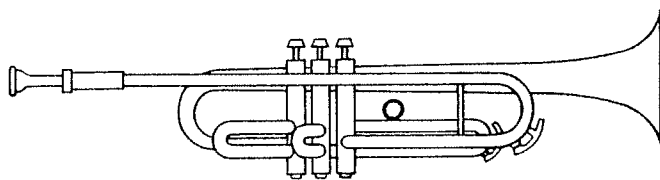
Figuur 23 Een trompet uit 1598.

Je ziet dat er geen speelgaten op dit instrument zitten dat maakt het moeilijk om er een melodie op te spelen.

Je kunt de lengte van de luchtkolom niet variëren.

Dat probleem is opgelost door de ventielen op de trompet.

Daarmee kun je de lengte van de luchtkolom veranderen.



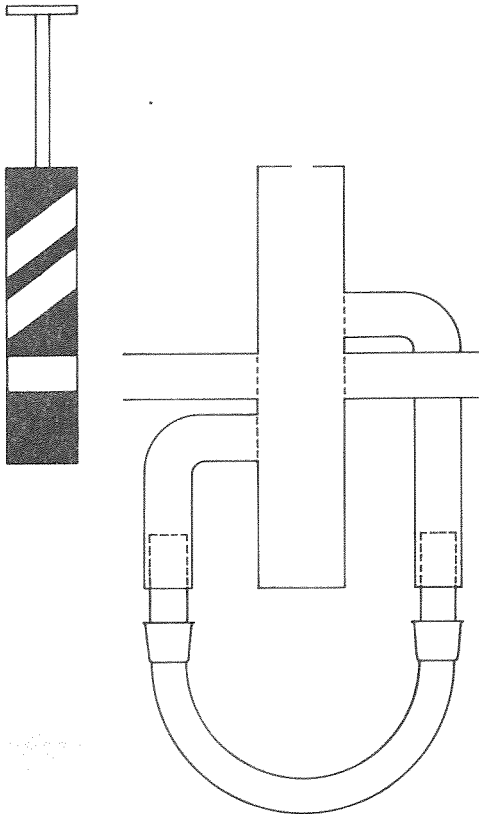
Figuur 24 Een moderne trompet met ventielen.

Je ziet in figuur 25 een tekening van de trompet. Van deze trompet is een ventiel vergroot.

Het ventiel moet je eerst overtrekken en uitknippen.

Plaats het ventiel op de juiste plaats en probeer de werking van het ventiel te begrijpen.

Schrijf op hoe je met de ventielen wel alle melodieën die je wilt spelen, kunt spelen.



Figuur 25 De werking van het ventiel.

