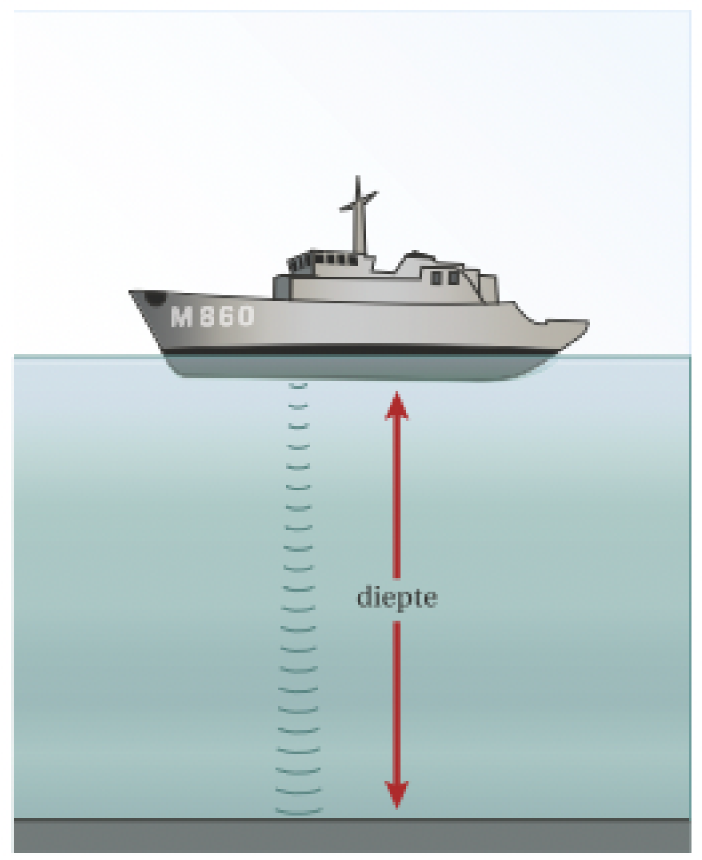
3 Een onderzoeker wil de diepte van de zee rond de Noordpool meten. Daarvoor gebruikt hij een ultrasone plaatssensor. Zie figuur 2.9. Hij neemt aan dat de temperatuur van het zeewater gelijk is aan 0 °C (= 273 K). De sensor vangt een puls 0,24 s na het uitzenden weer op.

a Zoek in BINAS de geluidssnelheid in water van 0 °C op.

b Bereken de diepte van de zee als de temperatuur 0 °C is.

De watertemperatuur is echter hoger dan 0 °C.

c Is de berekende diepte te groot of te klein? Licht je antwoord toe.



Figuur 2.9

Opgave 3

a De geluidssnelheid in water van 0 °C (273 K) zoek je op in BINAS tabel 15A.
$v = 1{,}403 \cdot 10^3\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

b De diepte d bereken je met de afstand die het geluid aflegt.
De afstand die het geluid aflegt bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$s = v \cdot t$
$v = 1{,}403 \cdot 10^3\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ (zie antwoord vraag a)
$t = 0{,}24$ s
$s = 1{,}403 \cdot 10^3 \times 0{,}24$
$s = 336{,}7$ m

Het geluid is heen en weer gegaan voordat het weer ontvangen wordt door de plaatssensor.
$d = \frac{1}{2} \times 336{,}7$ m
$d = 1{,}68 \cdot 10^2$ m
Afgerond: $d = 1{,}7 \cdot 10^2$ m.

c De diepte bij een hogere temperatuur beredeneer je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.
De snelheid bij een hogere temperatuur vind je in BINAS.

Volgens BINAS tabel 15A is de geluidssnelheid groter als de temperatuur hoger is.
In dezelfde tijd $t = 0{,}24$ s legt het geluid een grotere afstand af.
De werkelijke diepte van de zee is groter.
De berekende diepte is dus te klein.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \tag{17.8}$$

It is interesting to compare this expression with Equation 16.18 for the speed of transverse waves on a string, $v = \sqrt{T/\mu}$. In both cases, the wave speed depends on an elastic property of the medium (bulk modulus B or string tension T) and on an inertial property of the medium (volume density ρ or linear density μ). In fact, the speed of all mechanical waves follows an expression of the general form

$$v = \sqrt{\frac{\text{elastic property}}{\text{inertial property}}}$$

For longitudinal sound waves in a solid rod of material, for example, the speed of sound depends on Young's modulus Y and the density ρ. Table 17.1 (page 512) provides the speed of sound in several different materials.

The speed of sound also depends on the temperature of the medium. For sound traveling through air, the relationship between wave speed and air temperature is

$$v = 331\sqrt{1 + \frac{T_C}{273}} \tag{17.9}$$