例題 48

(1)

水深が深い場合，水面波の伝播は，鉛直方向の単振動運動の変位の伝播ではなく，
鉛直方向の等速円運動の変位の伝播によるということである。

図より，水のある部分 X の右隣りの変位は，X の変位の $\dfrac{T}{8}$ 前の変位だから，

鉛直方向の等速円運動の回転の向きは時計回りであることがわかる。

よって，$t_0+\dfrac{T}{4}$ 後の波の図を描くには，図の各円の点を時計回りに $\dfrac{T}{4}\cdot 2\pi=\dfrac{\pi}{2}$ 回転させ，

サインカーブで結べばよい。

あるいは，図の波形を 2 円分右にずらせばよい。

(2)

水の各部分の運動が伝播していくから，水の各部分の運動は波源の運動に当たり，
これが鉛直な円運動を行なっていることから，波源は静止している。
また，舟は観測者に当たる。
よって，静止波源に対する観測者の運動と同じで，

ドップラー効果の「観音の公式」$f_{観}=\dfrac{波の伝わる速さ\pm v_{観}}{波の伝わる速さ\pm v_{音}}\cdot f_{波源}$ より，

http://www.toitemita.sakura.ne.jp/buturikonetapdf/doppler-oboekata.pdf

$\dfrac{1}{T_{観}}=\dfrac{c-v}{c}\cdot\dfrac{1}{T}\quad \therefore T_{観}=\dfrac{c}{c-v}T$　・・・(答)

あるいは，

舟から見た波の速さは $c-v$，1 秒間の波数，すなわち c m あたりの波数は $\dfrac{1}{T}$ 個，

舟の上の観測者が 1 秒間に観測するのは $c-v$ m あたりの波数だから，$\dfrac{c-v}{c}\cdot\dfrac{1}{T}$ 個

よって，1 個の波を観測するのに要する時間，すなわち周期は，

$\dfrac{1}{\dfrac{c-v}{c}\cdot\dfrac{1}{T}}=\dfrac{c}{c-v}T$　・・・(答)

(3)

水の各部分の等速円運動の速さを v とすると，$v=\dfrac{2\pi a}{T}$

観測者が見た水の運動に非保存力が関与しないかその和が 0 ならば，
観測者が見た水の運動について力学的エネルギー保存則が成り立つ。
等速円運動をしている水分子（あるいは水分子の塊でもよい）の質量を m とすると，

水分子が最も高い位置 A に来た時の舟から見た水分子の速さは$\left|\dfrac{2\pi a}{T}-c\right|$,

水分子が最も低い位置 B に来た時の舟から見た水分子の速さは$\left|-\dfrac{2\pi a}{T}-c\right|$

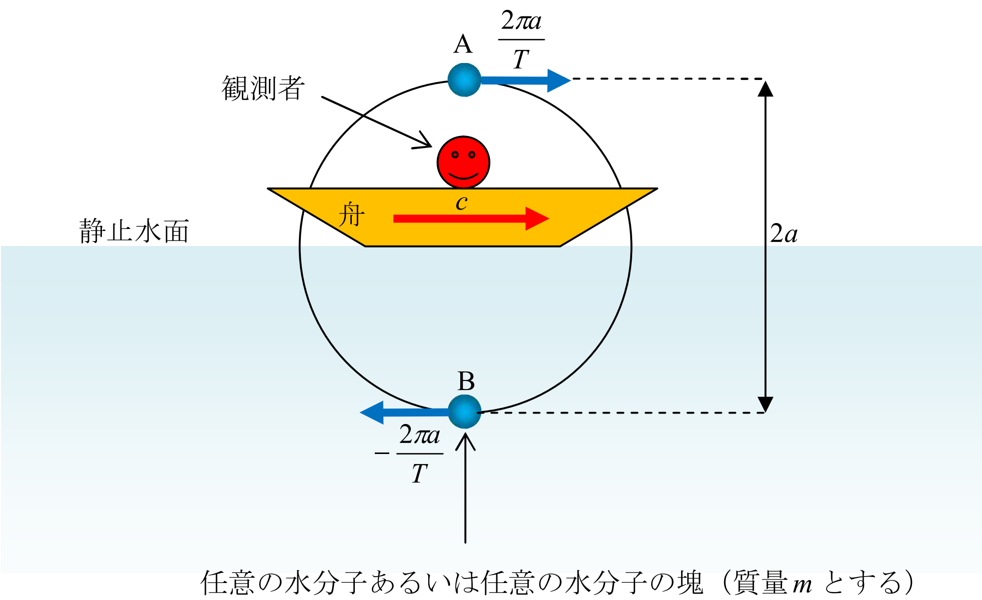
位置 B の水分子に対する位置 A の水分子の位置エネルギーは$mg\cdot 2a$

これより，舟の上の観測者による水分子の運動の力学的エネルギー保存則の式は,

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{2\pi a}{T}-c\right)^2+2mga=\frac{1}{2}m\left(\frac{2\pi a}{T}+c\right)^2 \quad \therefore \frac{2\pi c}{T}=g$$

これと$T=\dfrac{\lambda}{c}$より，$\dfrac{2\pi c}{\dfrac{\lambda}{c}}=g \quad \therefore 2\pi c^2=g\lambda$

よって，$c=\sqrt{\dfrac{g\lambda}{2\pi}}$ ・・・(答)



類題

大阪大学 **2007** 問題〔**2**〕ローレンツ力と斜面上の荷電粒子の回転運動

http://www.toitemita.sakura.ne.jp/kakomonnoheya.html

問題は印刷可