

## ავთანდილ შურღია

### ფიზიკა ამოცანებში

#### ტალღები

ტალღა არის მოძრაობის სახეობა, რომელიც განსხვავდება ჩვეულებრივი მექანიკური მოძრაობისგან. ტალღის წარმოქმნა ხდება გარემოს შემფოთების შედეგად და მისი არსებობისთვის საჭიროა გარემო (გარდა ელექტრომაგნიტური ტალღისა, რომელიც შეიძლება ვაკუუმშიც გავრცელდეს). თუ გარემოს შემფოთება ხდება ისე, შემფოთებას პერიოდული ხასიათი აქვს (გარემოს შემფოთებული ადგილი ასრულებს რხევით მოძრაობას) ეს შემფოთება დრეკადობის ძალების გამო გადაეცემა გარემოს ერთი ადგილიდან მეორეს, ანუ რხევითი მოძრაობა ვრცელდება გარემოში. ასეთი სახის მოძრაობას ეწოდება ტალღა. ტალღის მნიშვნელოვანი განმასხვავებელი თავისებურება სხვა ტიპის მექანიკური მოძრაობისგან არის ის, რომ ტალღას არ გადააქვს ნივთიერება, გადააქვს ენერჯია. არსებობს ორი ტიპის ტალღა, განივი და გრძივი. განივ ტალღებში რხევა ხორციელდება ტალღის გავრცელების მართობული მიმართულებით, ხოლო გრძივ ტალღაში ტალღის გავრცელების მიმართულებით. ტალღებს ახასიათებენ ტალღის სიგრძით  $\lambda$ , რომელიც წარმოადგენს ტალღის მიერ გავლილ მანძილს რხევის ერთი პერიოდის  $T$  განმავლობაში. შესაბამისად განიმარტება ტალღის სიჩქარე, რომელსაც ფაზურ სიჩქარეს უწოდებენ:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f,$$

სადაც  $f = 1/T$  არის ტალღის სიხშირე.

ტალღის ყველაზე მარტივი სახე არის სინუსოიდური ტალღა, რომელიც მათემატიკურად აღიწერება შემდეგი განტოლებით

$$u(x, t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right),$$

სადაც  $A$  არის ტალღის ამპლიტუდა, ხოლო  $x$  ტალღის მიერ გავლილი მანძილი. ტალღებს ახასიათებთ მაქსიმუმები (თხემები) და მინიმუმები (ღრმულები). განივ ტალღაში ტალღის გავრცელების მართობულად მაქსიმუმებზე გამავალ ზედაპირს ტალღის ფრონტი ეწოდება. ტალღის ფრონტი შეიძლება იყოს სიბრტყე (ბრტყელი ტალღებისთვის), ცილინდრული ზედაპირი (წყალში ჩაგდებული ქვის მიერ აღძრული ტალღებისთვის). ტალღის ფრონტი განიმარტება აგრეთვე როგორც ტალღის იმ წერტილების გეომეტრიული ადგილი, რომლებიც ერთი და იგივე ფაზებში ირხევიან.

ტალღების ერთ-ერთი ძირითადი დამახასიათებელი მოვლენა არის ინტერფერენციის მოვლენა. კოჰერენტული ტალღები (ერთი და იგივე სიხშირის ტალღები რომელთა ფაზების

სხვაობა დროში არ იცვლება) ზედდების დროს ან აძლიერებენ ერთმანეთს, ან ასუსტებენ. თუ ტალღების ზედდების წერტილამდე ტალღების მიერ გავლილი მანძილების სხვაობა (ტალღების სვლათა სხვაობა) ტალღის სიგრძის მთელი რიცხვის ჯერადია, მაშინ ისინი აძლიერებენ ერთმანეთს, ხოლო თუ ეს მანძილი ტალღის სიგრძის კენტი რიცხვის ჯერადია, მაშინ ტალღები აქრობენ ერთმანეთს.

**მანძილი ნაპირიდან ნავამდე.** წყნარ ამინდში ნაპირიდან მოშორებით მყოფ ნავიდან ზღვაში ჩააგდეს ლუზა, რომელმაც აღძრა ტალღა. ნაპირზე მყოფმა დამკვირვებელმა შენიშნა, რომ ტალღამ ნაპირთან მოაღწია  $t = 50$ წმ-ში. ორ მეზობელ თხემს შორის მანძილი ტოლია  $0.5$ მ. ამავე დროს ნაპირამდე  $5$  წმ-ის განმავლობაში მოაღწია ტალღის  $20$ -მა თხემმა. განსაზღვრეთ მანძილი ნაპირიდან ნავამდე.

ნაპირიდან ნავამდე მანძილი ტოლია

$$s = vt,$$

სადაც  $v$  არის ტალღის სიჩქარე. ამოცანის პირობის თანახმად ტალღის სიგრძე  $\lambda = 0.5$ მ (ორ მეზობელ თხემს შორის მანძილი), ხოლო ტალღის სიხშირე ტოლია ნაპირამდე  $1$  წმ-ში მოსული თხემების რაოდენობის:  $f = 43$ ც. ამრიგად საძიებელი მანძილი ტოლი იქნება  $s = vt = \lambda ft = 100$ მ.

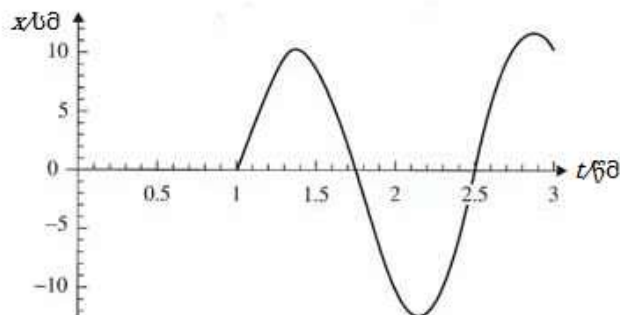
**ფაზათა სხვაობა.** იპოვეთ ფაზათა სხვაობა ტალღის იმ წერტილებს შორის, რომლებიც დაშორებული არიან  $10$ ,  $90$  და  $120$  სმ-ით, თუ ტალღა ვრცელდება  $v = 2.5$ მ/წმ სიჩქარით, ხოლო მისი სიხშირეა  $f = 23$ ც.

თუ ჩავთვლით, რომ ტალღის ერთი წერტილი კოორდინატა სათავეშია, მაშინ ფაზათა სხვაობა ტალღის ორ წერტილს შორის ტოლია

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}x = \frac{2\pi}{v}fx$$

ამ ტოლობაში  $x$  არის სწორედ მანძილი ორ წერტილს შორის. შესაბამისად საძიებელი ფაზათა სხვაობები იქნება  $\Delta\varphi_1 = 0.16\pi$ რად,  $\Delta\varphi_2 = 1.44\pi$ რად,  $\Delta\varphi_3 = 1.92\pi$ რად.

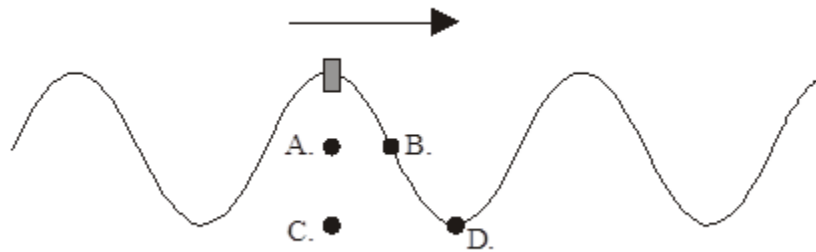
**ტალღა წყლის ზედაპირზე:** ქვა ჩააგდეს წყალში. აღძრულ ტალღამ მოაღწია ქვის



ჩაგდების ადგილიდან  $3$  მეტრით დაშორებულ ფოთლამდე, რომელმაც დაიწყო რხევა მოცემული გრაფიკის შესაბამისად. იპოვეთ ტალღის რხევის სიხშირე, აგრეთვე ტალღის გავრცელების სიჩქარე, მისი ამპლტუდა და ტალღის სიგრძე.

ნახაზზე მოცემულია ფოთლის რხევის გადაადგილების გრაფიკი, როგორც დროის ფუნქცია. ტალღამ ფოთოლს მიაღწია 1 წმ-ის განმავლობაში. ამ დროს კი მან გაიარა 3მ მანძილი. ამიტომ მისი სიჩქარე ტოლია 3მ/წმ. ნახაზის მიხედვით ფოთლის და მაშასადამე ტალღის პერიოდი ტოლია 1.5წმ, შესაბამისად ტალღის სიხშირეა 0.673ც. ტალღის სიგრძე  $\lambda = vT = 4.5\text{მ}$ , ხოლო ამპლიტუდა  $A = 10\text{სმ}$ .

**მსუბუქი სხეულის მოძრაობა ტალღის ზედაპირზე:** ნახაზზე მოცემულია განივი ტალღა დროის რომელიღაც მომენტში, რომლის ზედაპირზე იმყოფება კორპის სხეული. ტალღის პერიოდი არის  $T$ . ნახაზზე მოცემული წერტილებიდან რომელში იქნება სხეული პერიოდის მეოთხედის შემდეგ? ტალღის გავრცელების მიმართულება აღნიშნულია ისრით.



ნახაზის მიხედვით სხეული გადაადგილება დროის მოცემულ მომენტში ამპლიტუდის ტოლია. ამის შემდეგ ტალღის გავრცელების დროს სხეული გააგრძელებს მოძრაობას ვერტიკალურად ქვევით და პერიოდის ერთი მეოთხედის შემდეგ მიაღწევს თავის წონასწორობის მდგომარეობას, რომელიც მდებარეობს  $A$  წერტილში.

**ტალღის სიგრძე:** დიაგრამა 1-ზე ქვემოთ ნაჩვენებია გარემოში ტალღის  $P$  წერტილი დროის  $t = 0$  მომენტში. დიაგრამა 2-ზე კი მოცემულია იგივე ტალღა  $t = 4.0$  წმ-ის შემდეგ, რომლის დროსაც ტალღა გადაადგილდა მარჯვნივ 10სმ-ით. ამ დროის განმავლობაში  $P$  წერტილი გადაადგილდა თხემიდან ღრმულში. იპოვეთ ტალღის სიგრძე.

დიაგრამა 1

დიაგრამა 2



რადგან  $P$  წერტილი გადაადგილდა თხემიდან ღრმულში და ამ გადაადგილებას მან მოანდომა პერიოდის ნახევარი, რომელიც ტოლია  $4\text{წმ}$ , ტალღის პერიოდი იქნება  $8\text{წმ}$ . ამავე დროს ტალღის მიერ  $4\text{წმ}$ -ში გავლილი მანძილი ტოლია  $10\text{სმ}$  და არის ტალღის სიგრძის ნახევარი. ტალღის სიგრძე ტოლი იქნება  $20\text{სმ}$ .

**მანძილი წყალქვეშა ნავამდე.** წყლის ზედაპირიდან ნავიდან სიღრმეში გაიგზავნა  $30\text{კჰც}$  სიხშირის ულტრაბგერის იმპულსი, რომლის ხანგრძლივობა არის  $1\text{მლწმ}$ . წყალქვეშა ნავიდან არეკვლილი ბგერა ნავზე მიიღეს ბგერის გაგზავნიდან  $3.2\text{წმ}$ -ში. იპოვეთ მანძილი წყალქვეშა ნავამდე, პულსის ტალღის სიგრძე და გამოსხივებული პულსების რიცხვი, თუ ტალღის სიჩქარე წყალში არის  $1500\text{მ/წმ}$ .

$3.2\text{წმ}$ -ის განმავლობაში ულტრაბგერის იმპულსმა გაიარა წყალქვეშა ნავამდე მანძილზე ორჯერ მეტი მანძილი, ამიტომ მანძილი წყალქვეშა ნავამდე ტოლია

$$d = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2}1500 \cdot 3.2 = 2400\text{მ}.$$

გამოსხივებული ტალღის სიგრძე ტოლი იქნება

$$\lambda = \frac{v}{f} = 0.05\text{მ}.$$

გამოსხივებული იმპულსების რიცხვი ტოლი იქნება პერიოდის შეფარდების იმპულსის ხანგრძლივობასთან. რხევის პერიოდი ტოლია  $T = 1/f = 3.33 \cdot 10^{-5}\text{წმ}$ , ხოლო გამოსხივებული იმპულსების რიცხვი  $N = 30$ .