

ავტანდილ შურღაია

ფიზიკა ამოცანებში

ტალღები

ტალღა არის მოძრაობის სახეობა, რომელიც ჩვეულებრივი მექანიკური მოძრაობისგან განსხვავდება. ტალღა წარმოიქმნება გარემოს შემფოთების შედეგად და მისი არსებობისთვის საჭიროა გარემო (გარდა ელექტრომაგნიტური ტალღისა, რომელიც შეიძლება ვაკუუმშიც გავრცელდეს). თუ გარემოს 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. სხვა ტიპის მექანიკური მოძრაობისგან ტალღის მნიშვნელოვანი განმასხვავებელი თავისებურება ის არის, რომ მას არ გადააქვს ნივთიერება - გადააქვს ენერგია. არსებობს ორი ტიპის ტალღა - განივი და გრძივი. განივ ტალღებში რხევა ხორციელდება ტალღის გავრცელების მართობული მიმართულებით, ხოლო გრძივში - ტალღის გავრცელების მიმართულებით. ტალღებს ახასიათებენ ტალღის სიგრძით λ , 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 $f = 1/T$ ტალღის სიხშირეა.

ტალღის ყველაზე მარტივი სახეობაა 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 ახასიათებს 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 ერთსა და იმავე ფაზებში ირხევა.

ტალღებისთვის დამახასიათებელი ერთ-ერთი ძირითადი მოვლენაა ინტერფერენცია. კოჰერენტული ტალღები (ერთი და იმავე სიხშირის ტალღები, რომელთა ფაზების სხვაობა დროში არ იცვლება) ზედდების დროს ან აძლიერებს ერთმანეთს, ან ასუსტებს. 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 - ერთმანეთს აქრობენ.

მანძილი ნაპირიდან ნავამდე. წყნარ ამინდში ნაპირიდან მოშორებით მყოფი ნავიდან ზღვაში ჩააგდეს ღუზა, რომელმაც აღძრა ტალღა. ნაპირზე მყოფმა დამკვირვებელმა შეამჩნია, რომ ტალღამ ნაპირამდე მოაღწია $t = 50$ წმ-ში. ორ მეზობელ თხემს შორის მანძილი 0.5 მ-ის ტოლია. 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 უტოლდება ნაპირამდე 1 წმ-ში მოსული თხემების რაოდენობას: $f = 4$ ჰც. ამრიგად, საძიებელი მანძილი ტოლი იქნება $s = vt = \lambda ft = 100$ მ.

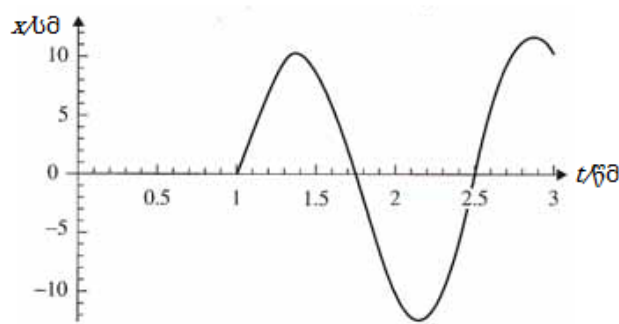
ფაზათა სხვაობა. იპოვეთ ფაზათა სხვაობა ტალღის იმ წერტილებს შორის, რომლებიც დაშორებულია 10, 90 და 120 სმ-ით, თუ ტალღა ვრცელდება $v = 2.5$ მ/წმ სიჩქარით, ხოლო მისი სიხშირეა $f = 2$ ჰც.

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

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

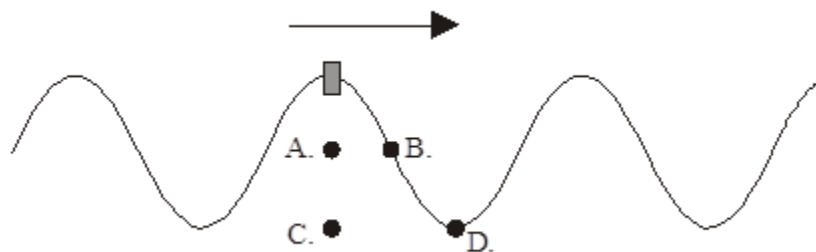
ამ ტოლობაში x არის სწორედ მანძილი ორ წერტილს შორის. შესაბამისად, საძიებელი ფაზათა სხვაობები იქნება $\Delta\varphi_1 = 0.16\pi$ რად, $\Delta\varphi_2 = 1.44\pi$ რად, $\Delta\varphi_3 = 1.92\pi$ რად.

ტალღა წყლის ზედაპირზე: ქვა ჩააგდეს წყალში. აღძრულმა ტალღამ მიაღწია ქვის ჩაგდების ადგილიდან 3 მეტრით დაშორებულ ფოთლამდე, რომელმაც დაიწყო რხევა მოცემული გრაფიკის შესაბამისად. იპოვეთ ტალღის რხევის სიხშირე, აგრეთვე ტალღის გავრცელების სიჩქარე, მისი ამპლიტუდა და ტალღის სიგრძე.



ნახაზზე მოცემულია ფოთლის რხევის გადაადგილების გრაფიკი, როგორც დროის ფუნქცია. ტალღამ ფოთოლს მიაღწია 1 წმ-ის განმავლობაში. ამ დროს მან გაიარა 3 მ, ამიტომ მისი სიჩქარე 3 მ/წმ-ის ტოლია. ნახაზის მიხედვით, ფოთლის და, მაშასადამე, ტალღის პერიოდი უტოლდება 1.5 წმ-ს, შესაბამისად ტალღის სიხშირეა 0.67ჰც, ტალღის სიგრძე - $\lambda = vT = 4.5$ მ, ხოლო ამპლიტუდა - $A = 10$ სმ.

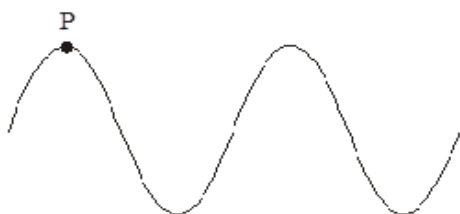
მსუბუქი სხეულის მოძრაობა ტალღის ზედაპირზე: ნახაზზე მოცემულია განივი ტალღა დროის რომელიღაც მომენტში, რომლის ზედაპირზე იმყოფება კორპის სხეული. ტალღის პერიოდი არის T . ნახაზზე მოცემული წერტილებიდან რომელში იქნება სხეული პერიოდის მეოთხედის შემდეგ? ტალღის გავრცელების მიმართულება აღნიშნულია ისრით.



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 წონასწორობის მდგომარეობას, რომელიც A წერტილში მდებარეობს.

ტალღის სიგრძე: დიაგრამა 1-ზე, ქვემოთ, ნაჩვენებია გარემოში ტალღის წერტილი დროის t მომენტში. დიაგრამა 2-ზე კი მოცემულია იგივე ტალღა 4.0 წმ-ის

დიაგრამა 1



დიაგრამა 2



შემდეგ, რომელთა განმავლობაშიც ტალღა 10 სმ-ით გადაადგილდა მარჯვნივ. ამ ხნის განმავლობაში წერტილი გადაადგილდა თხემიდან ღრმულში. იპოვეთ ტალღის სიგრძე.

რადგან წერტილი გადაადგილდა თხემიდან ღრმულში და ამ გადაადგილებას მოჰყვება პერიოდის ნახევარი, რომელიც 4 წმ-ის ტოლია, ტალღის პერიოდი იქნება 8 წმ. ამავე დროს ტალღის მიერ 4 წმ-ში გავლილი მანძილი უდრის 10 სმ-ს და ტალღის სიგრძის ნახევარს. ტალღის სიგრძე იქნება 20 სმ-ის ტოლი.

მანძილი წყალქვეშა ნავამდე. წყლის ზედაპირიდან, ნავიდან, სიღრმეში გაიგზავნა 30 კჰც სიხშირის ულტრაბგერის იმპულსი, რომლის ხანგრძლივობაა 1 მლწმ. წყალქვეშა ნავიდან არეკლილი ბგერა ნავზე მიიღეს ბგერის გაგზავნიდან 3.2 წმ-ის შემდეგ. იპოვეთ მანძილი წყალქვეშა ნავამდე, პულსის ტალღის სიგრძე და გამოსხივებული პულსების რიცხვი, თუ ტალღის სიჩქარე წყალში 1500 მ/წმ-ია.

3.2 წმ-ის განმავლობაში ულტრაბგერის იმპულსმა გაიარა წყალქვეშა ნავამდე არსებულზე 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 შეფარდებისა იმპულსის ხანგრძლივობასთან. რხევის პერიოდი ტოლია $\lambda/f = 3.33 \cdot 10^{-5} \text{წმ}$, ხოლო გამოსხივებული იმპულსების რიცხვი 10.