

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 246590 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440270**

(22) Data zgłoszenia: **2022.01.31**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.08.07 BUP 32/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.02.17 WUP 07/2025**

(51) MKP:

**G09B 23/06 (2006.01)**

**G09B 23/10 (2006.01)**

(73) Uprawniony z patentu:

**UNIWERSYTET ŁÓDZKI, Łódź, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Wojciech Zajączkowski, Łódź, PL**

(54) Tytuł:

**Przyrząd od badania ruchu wahadła matematycznego**

**PL 246590 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego, mający zastosowanie do celów naukowych w laboratoriach fizycznych oraz do celów edukacyjnych.

Z książki autorstwa Szczepana Szczeniowskiego, zatytułowanej „Fizyka doświadczalna, część I, mechanika”, wydanej w Warszawie przez Państwowe Wydawnictwo Naukowe w 1972 r. jest znane wahadło matematyczne, składające się z małej kulki i cienkiej, nierozciągliwej nici. Górny koniec tej nici jest przywiązany do nieruchomego elementu, natomiast dolny koniec nici jest połączony z kulką. Działanie tego wahadła polega na tym, że początkowo spoczywająca kulka, która znajduje się na dolnym końcu pionowo zwisającej nici, zostaje wprawiona w ruch przez przesunięcie nici ręką w bok i tym samym jej odchylenie od pionu. Następnie kulka zostaje puszczona swobodnie i wykonuje słabo tłumione drgania wokół początkowego położenia równowagi.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego zawiera sześć wahadeł matematycznych, z których każde składa się z metalowej kulki wykonanej z metalu o dużej gęstości, korzystnie z wolframu, przywiązanej do dolnego końca cienkiej i nierozciągliwej nici, przechodzącej przez otwór wykonany wzdłuż średnicy tej kulki, natomiast na górnym końcu każdej z tych nici jest związana pętla i te pętle są nałożone w równych odległościach od siebie na środkowy odcinek poziomego pręta, przy czym pętle luźno obejmują ten odcinek pręta. Długość nici i masa kulki każdego z następnych wahadeł są większe o taką samą wartość odpowiednio od długości nici albo od masy kulki poprzedniego wahadła, przy czym wartości tych różnic są równe korzystnie i odpowiednio długości nici, albo masie kulki najkrótszego z wahadeł, mającego też najmniejszą masę. Środkowy odcinek poziomego pręta jest połączony w połowie długości z prostopadłym do niego środkowym odcinkiem pionowego pręta i oba pręty mają odcinki boczne odgięte pod kątem prostym względem środkowych odcinków tych prętów. Końce odcinków bocznych są połączone z pierścieniem, przyklejonym do otwartego końca stożkowej membrany głośnika elektrodynamicznego niskotonowego o dużej mocy, którego rdzeń jest przyklejony do pionowego wspornika, przymocowanego z kolei do poziomej podstawy, przy czym wspornik i podstawa mają kształt prostokątnych płyt. Poziomy pręt i pionowy pręt oraz pierścień są wykonane z metalu o wysokim module sztywności i małej gęstości, korzystnie z duraluminium. Końcówki głośnika elektrodynamicznego są przyłączone przy użyciu przewodów w izolacji do generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego o płynnie regulowanej częstotliwości i amplitudzie, korzystnie generatora typu Meissnera, przymocowanego do podstawy oraz przyłączonego do sieci elektrycznej przewodem zasilającym i generator elektroniczny jest wyposażony w wyłącznik, pokrętło regulacji częstotliwości i pokrętło regulacji mocy wyjściowej, przy czym impedancja wyjściowa generatora elektronicznego jest równa impedancji głośnika elektrodynamicznego.

Głównymi zaletami rozwiązania według wynalazku są nowa funkcjonalność, polegająca na umożliwieniu badania różnych rodzajów drgań wahadła matematycznego w zależności od jego energii kinetycznej i precyzyjna regulacja energii drgań wahadeł przez zmianę częstotliwości i mocy generatora. Dodatkowymi zaletami rozwiązania są pokazanie zamiany rodzaju ruchu w poglądowy sposób oraz prosta konstrukcja i niezawodność działania przyrządu.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok przyrządu z przodu, fig. 2 pokazuje widok przyrządu z boku, natomiast fig. 3 jest widokiem przyrządu z góry.

Przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego zawiera sześć wahadeł matematycznych, z których każde składa się z metalowej kulki 1, albo 2, albo 3, albo 4, albo 5 albo 6, wykonanej z wolframu i przywiązanej do dolnego końca cienkiej i nierozciągliwej nici odpowiednio 7, albo 8, albo 9, albo 10, albo 11, albo 12, przechodzącej przez otwór wykonany wzdłuż średnicy tej kulki. Na górnym końcu każdej z tych nici jest związana pętla i te pętle są nałożone w równych odległościach od siebie na środkowy odcinek poziomego pręta 13, przy czym pętle luźno obejmują ten odcinek pręta. Długość nici 8, 9, 10, 11, 12 i masa kulki 2, 3, 4, 5, 6 każdego z następnych wahadeł są większe o taką samą wartość odpowiednio od długości nici albo od masy kulki poprzedniego wahadła, przy czym wartości tych różnic są równe korzystnie i odpowiednio długości nici 7, albo masie kulki 1 najkrótszego z wahadeł, mającego też najmniejszą masę. Środkowy odcinek poziomego pręta 13 jest połączony w połowie długości z prostopadłym do niego środkowym odcinkiem pionowego pręta 14 i oba pręty 13, 14 mają odcinki boczne odgięte pod kątem prostym względem odcinków środkowych tych prętów, natomiast końce odcinków bocznych są połączone z pierścieniem 15, przyklejonym do otwartego końca stożkowej membrany 16 głośnika elektrodynamicznego niskotonowego o dużej mocy 17, którego rdzeń 18 jest przyklejony do

pionowego wspornika 19, przymocowanego z kolei do poziomej podstawy 20, przy czym wspornik 19 i podstawa 20 mają kształt prostokątnych płyt. Poziomy pręt 13 i pionowy pręt 14 oraz pierścien 15 są wykonane z duraluminium. Końcówki głośnika elektrodynamicznego 17 są przyłączone przy użyciu przewodów w izolacji 21 i 22 do generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego 23, o płynnie regulowanej częstotliwości i amplitudzie, korzystnie generatora typu Meissnera, przymocowanego do podstawy 20 oraz przyłączonego do sieci elektrycznej przewodem zasilającym 24. Generator elektroniczny napięcia sinusoidalnie zmiennego 23 jest wyposażony w wyłącznik 25, pokrętło regulacji częstotliwości 26 i pokrętło regulacji mocy wyjściowej 27, przy czym impedancja wyjściowa generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego 23 jest równa impedancji głośnika elektrodynamicznego 17.

Zasada działania przyrządu do badania ruchu wahadła matematycznego polega na tym, że początkowo kulki wahań 1, 2, 3, 4, 5, 6 są nieruchome, przyrząd jest przyłączony do sieci przewodem zasilającym 24, wyłącznik 25 znajduje się w pozycji wyłączonej, a pokrętła regulacji częstotliwości 26 i amplitudy 27 są ustawione na minimum. Wtedy włącza się generator elektroniczny 23 za pomocą wyłącznika 25. To powoduje wytwarzanie napięcia sinusoidalnie zmiennego przez generator elektroniczny 23 i wprawienie w ruch posuwisto-zwrotny membrany 16 głośnika elektrodynamicznego 17. Wraz z membraną 16 poruszają się pierścien 15 oraz pręt poziomy 13 i pręt pionowy 14, co wprawia w drgania kulki wahań 1, 2, 3, 4, 5, 6, zawieszona na środkowym odcinku poziomego pręta 13. Zwiększając za pomocą pokręteł 26 i 27 częstotliwość i amplitudę drgań dostarcza się kulkom wahań 1, 2, 3, 4, 5, 6 coraz większą energię kinetyczną. W wyniku tego osiąga się wszystkie charakterystyczne stany drań wahadła matematycznego i wahadła zachowują się w następujący sposób. Wahadło z kulką 6 pozostaje prawie nieruchome ze względu na swoją dużą bezwładność. Wahadło z kulką 5 wykonuje drgania harmoniczne o małej amplitudzie wokół położenia równowagi i okres tych drgań nie zależy od ich amplitudy. Wahadło z kulką 4 wykonuje drgania o większej amplitudzie wokół położenia równowagi, które są anharmoniczne i okres tych jest tym większy, im jest większa amplituda. Wahadło z kulką 3 wykonuje drgania harmoniczne w pozycji odwróconej wokół położenia równowagi nietrwalej, które znajduje się u góry, a jego kąt odchylenia położenia początkowego jest bliski  $180^\circ$ . Wahadło z kulką 2 wykonuje niejednostajny ruch obrotowy wokół środkowego odcinka poziomego pręta 13, przy czym prędkość tego ruchu maleje wraz ze wzrostem kąta odchylenia tego wahadła od położenia równowagi. Wahadło z kulką 1 wykonuje prawie jednostajny ruch obrotowy wokół środkowego odcinka poziomego pręta 13. Wykonanie kulek wahań 1, 2, 3, 4, 5, 6 z metalu o dużej gęstości pozwala uzyskać małe średnice kulek i przez to wahadła są bardziej zbliżone do idealnego modelu wahadła matematycznego. Wykonanie pręta poziomego 13 i pręta pionowego 14 oraz pierścienia 15 z metalu o dużym module sztywności i małej gęstości pozwala zmniejszyć bezwładność tych elementów i łatwiej wprawić w drgania kulki wahań 1, 2, 3, 4, 5, 6. Stała wartość różnicy długości nici wahań 7, 8, 9, 10, 11, 12 i stała wartość różnicy mas kulek 1, 2, 3, 4, 5, 6 oraz równość tych różnic korzystnie długości nici 7 albo masie kulki 1, ułatwiają uzyskanie wyraźnych różnic ruchu wahań. Zastosowanie generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego 23, korzystnie typu Meissnera o płynnie regulowanej częstotliwości i mocy drgań oraz głośnika elektrodynamicznego niskotonowego o dużej mocy 17 pozwala na precyzyjną regulację energii drgań wahań. Równość impedancji wyjściowej generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego 23 i głośnika elektrodynamicznego 17 pozwala na optymalne wykorzystanie mocy generatora napięcia sinusoidalnie zmiennego 23. Luźne pętle na górnych końcach nici 7, 8, 9, 10, 11, 12 zapobiegają nawijaniu się nici na środkowy odcinek poziomego pręta 13 podczas obrotu wahań, ale umożliwiają też wprawianie w drgania przez ruch posuwisto-zwrotny tego odcinka pręta.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego, mający sześć wahadeł matematycznych, **znamienny tym**, że każde z wahadeł składa się z metalowej kulki (1, 2, 3, 4, 5, 6), wykonanej z metalu o dużej gęstości i przywiązanej do dolnego końca cienkiej i nierozciągliwej nici odpowiednio (7, 8, 9, 10, 11, 12), przechodzącej przez otwór wykonany wzdłuż średnicy tej kulki, natomiast na górnym końcu każdej z tych nici jest zawiązana pętla i te pętle są nałożone w równych odległościach od siebie na środkowy odcinek poziomego pręta (13), przy czym pętle luźno obejmują ten odcinek pręta, a ponadto długość nici (8, 9, 10, 11, 12) i masa kulek (2, 3, 4, 5, 6) każdego z następujących wahadeł są większe o taką samą wartość odpowiednio od długości nici, albo masy kulki poprzedniego wahadła, a poza tym środkowy odcinek poziomego pręta (13) jest połączony w połowie długości z prostopadłym do niego środkowym odcinkiem pionowego pręta (14) i oba pręty (13, 14) mają odcinki boczne odgięte pod kątem prostym względem odcinków środkowych tych prętów, natomiast końce odcinków bocznych są połączone z pierścieniem (15), przyklejonym do otwartego końca stożkowej membrany (16), głośnika elektrodynamicznego niskotonowego o dużej mocy (17), którego rdzeń (18) jest przyklejony do pionowego wspornika (19), przymocowanego z kolei do poziomej podstawy (20), przy czym wspornik (19) i podstawa (20) mają kształt prostokątnych płyt, a oprócz tego poziomy pręt (13) i pionowy pręt (14) oraz pierścień (15) są wykonane z metalu o dużym module sztywności i małej gęstości, a ponadto końcówki głośnika elektrodynamicznego (17) są przyłączone przy użyciu przewodów w izolacji (21 i 22) do generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego (23) o płynnie regulowanej częstotliwości i amplitudzie, przymocowanego do podstawy (20) oraz przyłączonego do sieci elektrycznej przewodem zasilającym (24) i generator elektroniczny napięcia sinusoidalnie zmiennego (23) jest wyposażony w wyłącznik (25), pokrętło regulacji częstotliwości (26) i pokrętło regulacji mocy wyjściowej (27), przy czym impedancja wyjściowa generatora elektronicznego napięcia sinusoidalnie zmiennego (23) jest równa impedancji głośnika elektrodynamicznego (17).
2. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kulki (1, 2, 3, 4, 5, 6) są wykonane z wolframu.
3. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stała wartość różnicy mas kulek (1, 2, 3, 4, 5, 6) jest równa masie  $m$  wahadła (1) o najmniejszej masie.
4. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stała wartość różnicy długości nici wahadeł (7, 8, 9, 10, 11, 12) jest równa długości 1 najkrótszego z wahadeł (1).
5. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że poziomy pręt (13) i pionowy pręt (14) oraz pierścień (15) są wykonane z duraluminium.
6. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że generator elektroniczny napięcia sinusoidalnie zmiennego (23) jest generatorem typu Meissnera.

Rysunki

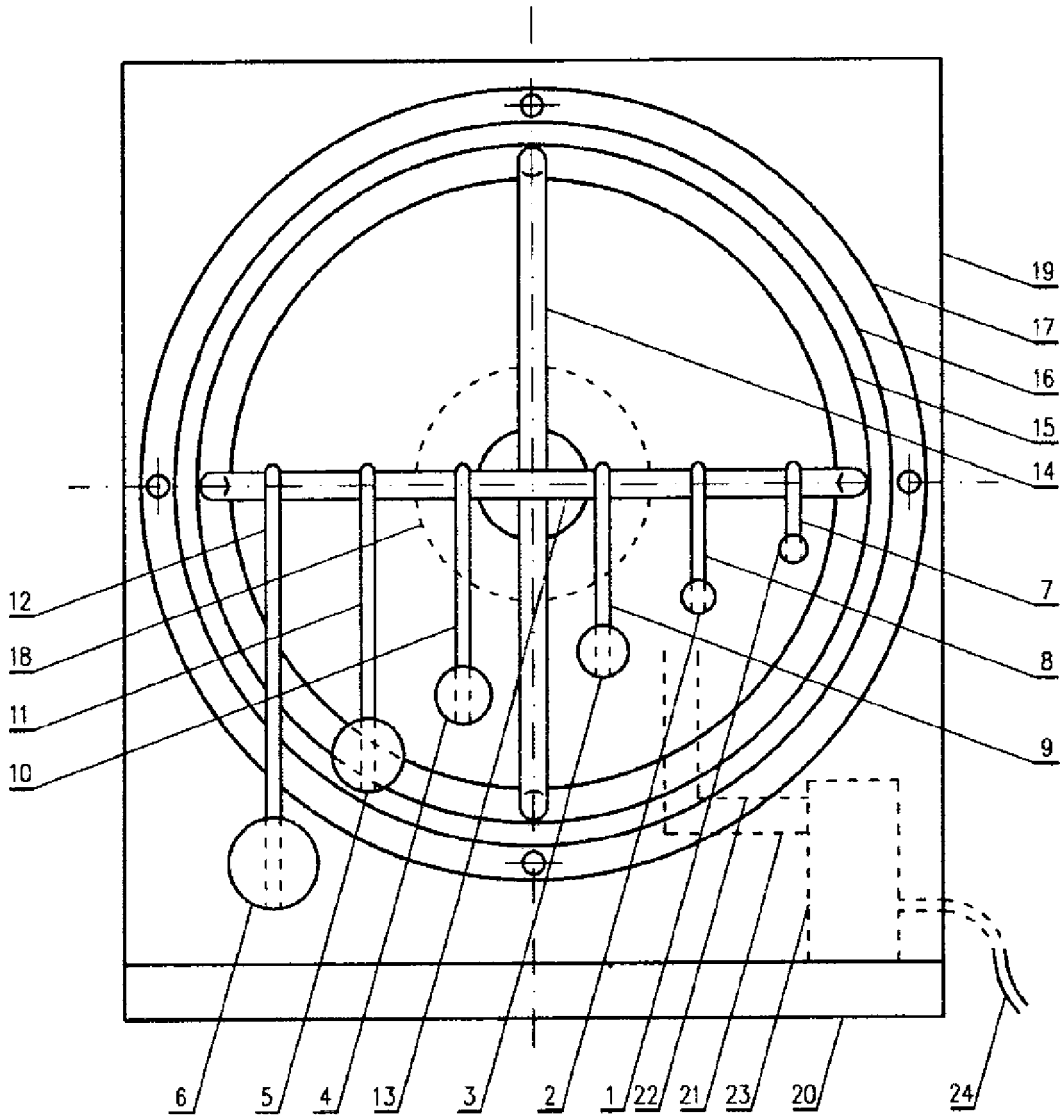


Fig.1

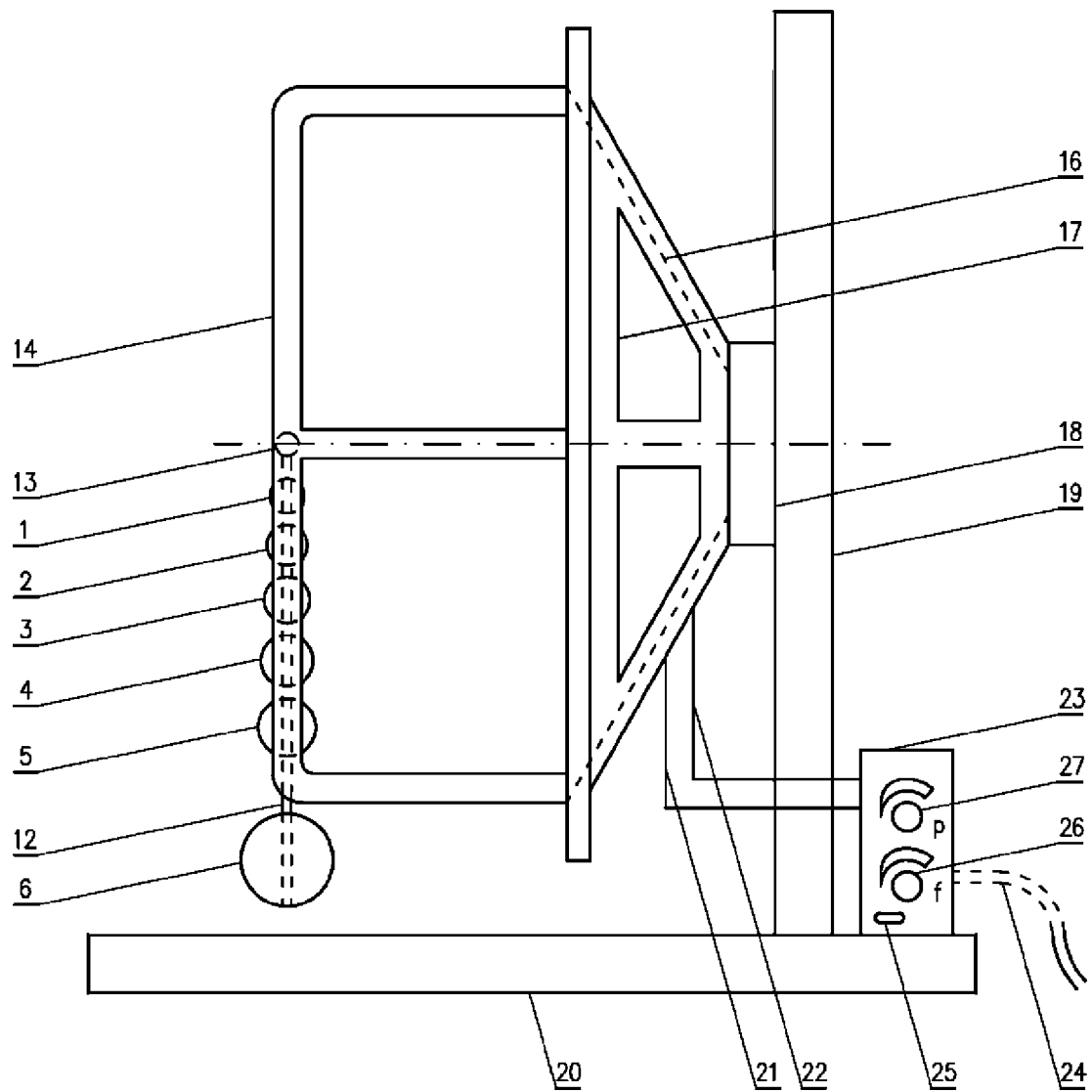


Fig.2

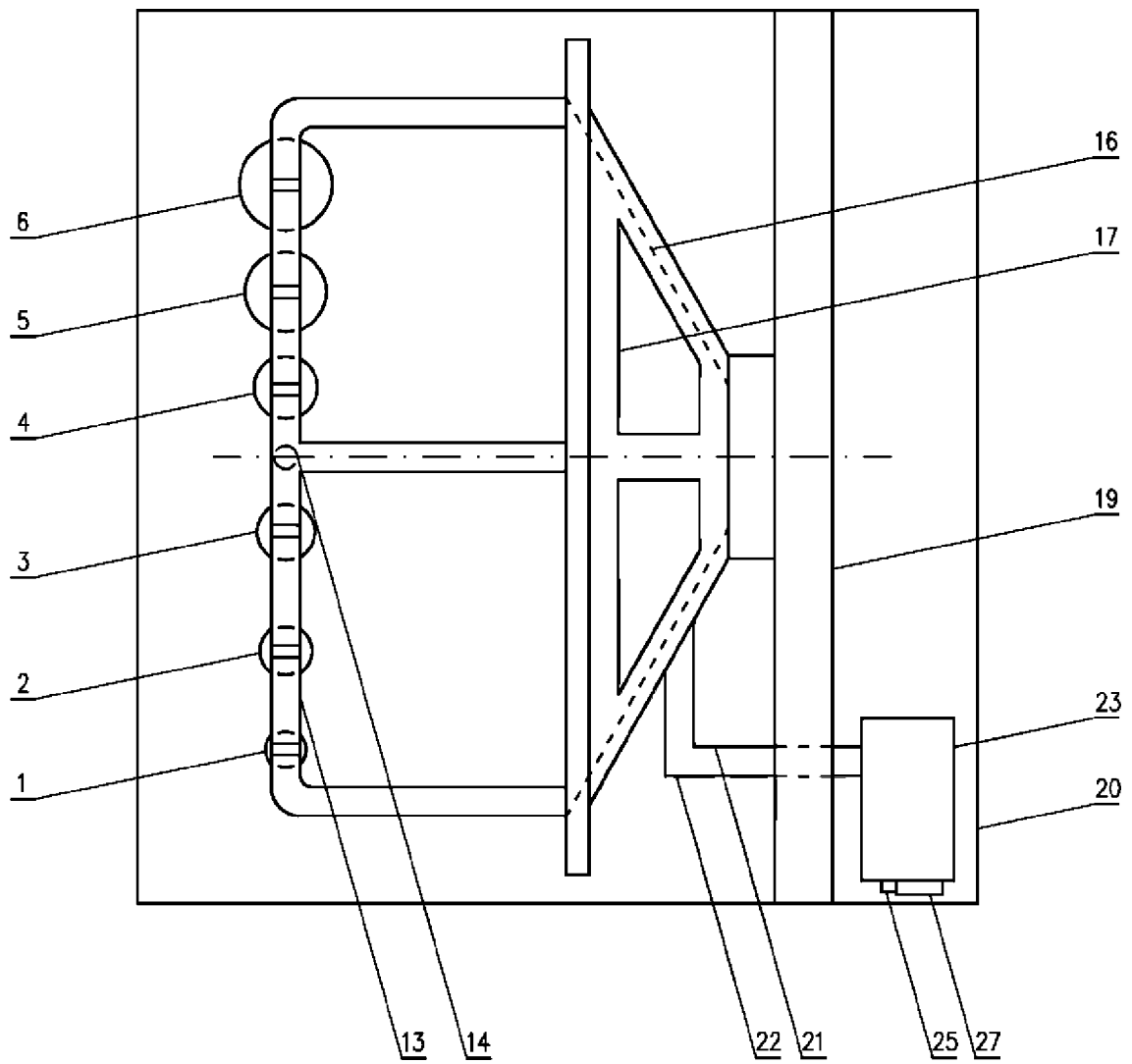


Fig.3