

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246490 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **441057**

(22) Data zgłoszenia: **2022.04.29**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.10.30 BUP 44/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.02.03 WUP 05/2025**

(51) MKP:

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 do sprawdzania zasady zachowania pędu

PL 246490 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do sprawdzania zasady zachowania pędu, mający zastosowanie do celów naukowych w laboratoriach fizycznych oraz do celów edukacyjnych.

Z artykułu autorstwa Grzegorza Derfla pod tytułem „Wahadło Newtona”, opublikowanego w 2016 r. w miesięczniku „Delta, Matematyka, Fizyka, Astronomia, Informatyka”, nr 5 na str. 12-14 jest znany przyrząd przeznaczony do doświadczeń, umożliwiających wykazanie zachowania pędu podczas zderzeń sprężystych szeregu jednakowych kulek. Znany przyrząd składa się z prostokątnej ramki, wygiętej z pręta stalowego. Boki tej ramki są usytuowane wzdłuż krawędzi sześcianu. Na dwóch równoległych do siebie górnych bokach ramki jest zawieszonych pięć kulek, wykonanych ze sprężystego metalu. Wszystkie kulki mają takie same masy i takie same średnice oraz są zawieszone w jednym szeregu na takiej samej wysokości w ten sposób, że sąsiednie kulki dotykają do siebie. Każda z kulek jest zawieszona na dwóch niciach, tworzących kształt litery V. Górne końce nici są przywiązane do górnych, poziomych boków ramki, a dolne końce tych nici są z mocowane w górnej części każdej z kulek. Zamocowanie dolnych końców nici jest wykonane za pomocą plastikowych tulejek z nacięciami na koniec nici, wciśniętych w otwory wykonane w górnych częściach kulek.

Zasada działania znanego przyrządu polega na tym, że z szeregu początkowo spoczywających kulek odchyła się jedną, skrajną kulkę o pewien kąt od pionu i puszcza ją swobodnie. Opadająca kulka zderza się sprężysto i centralnie z sąsiednią kulką. W wyniku tego opadająca kulka przekazuje swój pęd energię kinetyczną sąsiedniej kulce, która z kolei przekazuje te wielkości kolejnym kulkom w szeregu. W końcowym efekcie z szeregu ulega odbiciu ostatnia kulka, a odchylona kulka i wszystkie inne kulki szeregu pozostają nieruchome. Ostatnia kulka szeregu odchyła się od pionu o prawie taki sam maksymalny kąt jak kulka odchylona na początku, a następnie wraca do pozycji pionowej i uderza w szereg kulek, podobnie jak kulka odchylona na początku. Następnie opisane zderzenia się powtarzają, przy czym maksymalne kąty odchylenia kulek maleją, ponieważ materiał, z którego są wykonane kulki nie jest idealnie sprężysty. Możliwe jest też odchylenie na początku dwóch, trzech, a nawet czterech kulek jednocześnie. Wtedy odbiciu od szeregu początkowo nieruchomych kulek ulega tyle samo kulek, ile zostało odchylonych.

Również w artykule F. Hermann'a, M. Seitz'a, M., zatytułowanym „How does the ball-chain work?” i opublikowanym w 1982 r. w czasopiśmie „American Journal of Physics”, tom 50, str. 977–981 oraz w artykule F. Gauld'a, zatytułowanym „Newton's Cradle in Physics Education” i opublikowanym 2006 r. w czasopiśmie „Science and Education” tom 15, nr 6, str. 597–617 są opisane analogicznie zbudowane i tak samo działające przyrządy.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że przyrząd do sprawdzania zasady zachowania pędu zawiera postawę w kształcie prostokątnej, poziomej płyty z otworami rozmieszczonymi wzdłuż podłużnej osi symetrii podstawy, w których są osadzone na wcisk dolne końce dwóch pionowych słupków i dolne końce czterech pionowych prowadnic, zaś górne końce tych słupków i prowadnic są osadzone na wcisk w otworach poziomej belki w kształcie płaskownika. Słupki i prowadnice mają kształt prętów o przekroju poprzecznym kołowym. Na każdą z prowadnic są nałożone po dwie kule, mające przelotowe otwory, przechodzące wzdłuż średnicy tych kul i umożliwiające ich ruch posuwisty wzdłuż prowadnic. Wszystkie kule są wykonane z tego samego materiału sprężystego, korzystnie ze stali sprężynowej, przy czym kule, nałożone na pierwszą prowadnicę mają równe masy i średnice, kule nałożone na drugą prowadnicę mają różne masy i średnice, zaś dolna z tych kul ma większą masę i średnicę, niż kula górna. Kule nałożone na trzecią prowadnicę także mają różne masy i średnice, zaś dolna z tych kul ma mniejszą masę i średnicę, niż kula górna, natomiast na czwartą prowadnicę są nałożone kule o takich samych masach i różnych średnicach, zaś górna z tych kul o większej średnicy ma wewnątrz kuliste wydrążenie. Pod każdą z kul dolnych znajduje się poziome ramie jednego z czterech trzymaczy wykonanych z prętów o przekroju poprzecznym kołowym, wygiętych w kształcie litery L, zaś pionowe ramiona tych trzymaczy przechodzą przez otwory w poziomej belce i wszystkie trzymacze są ustawione w podłużnej płaszczyźnie symetrii przyrządu. Na górnym końcu każdego z tych ramion jest osadzone koło zębate, zabezpieczone przed zsunięciem z trzymacza kołkiem, przechodzącym przez otwór wykonany wzdłuż średnicy piasty koła zębatego i górnego końca tego trzymacza, na którym koło zębate jest nałożone. Między boczną, dolną powierzchnią koła zębatego i górną powierzchnią poziomej belki jest umieszczona sprężyna śrubowa ściskana. Każde z kół zębatych jest zazębione z poziomą listwą zębatą, o przekroju poprzecznym prostokątnym, zakończoną na końcu odgiętym prostopadłe do tej listwy odcinkiem bez zębów, stanowiącym uchwyt. Listwa zębata przechodzi przez otwory w dwóch płaskich,

prostokątnych i skierowanych pionowo wspornikach, umieszczonych na końcach listwy zębatej i dolne końce wsporników są osadzone na wcisk w otworach poziomej belki. Na podstawie jest umieszczona płaska płyta odbiciowa w kształcie prostokąta z otworami na słupki i prowadnice, wykonana z materiału sprężystego, korzystnie ze stali sprężynowej.

Głównymi zaletami rozwiązania według wynalazku są funkcjonalność, która umożliwia łatwe zobrazowanie i wyznaczenie ilości przekazanego pędu przez obserwację i pomiar wysokości wzniesienia kul o różnym stosunku mas po ich zderzeniu, możliwość jednoczesnej obserwacji i porównania kilku wariantów zderzeń ze sobą. Dodatkowymi zaletami rozwiązania są prosta i pogładowa konstrukcja, łatwe zapoczątkowanie spadku wszystkich kul oraz niezawodność działania przyrządu.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok przyrządu od strony dłuższego boku, fig. 2 stanowi widok przyrządu od strony krótszego boku, natomiast fig. 3 pokazuje widok przyrządu z góry.

Przyrząd do sprawdzania zasady zachowania pędu zawiera postawę 1 w kształcie prostokątnej, poziomej płyty z otworami rozmieszczonymi wzdłuż podłużnej osi symetrii podstawy 1, w których są osadzone na wcisk dolne końce pionowych słupków 2, 3 i dolne końce pionowych prowadnic 4, 5, 6, 7, zaś górne końce słupków 2, 3 i prowadnic 4, 5, 6, 7 są osadzone na wcisk w otworach poziomej belki 8 w kształcie płaskownika. Słupki 2, 3 i prowadnice 4, 5, 6, 7 mają kształt prętów o przekroju poprzecznym kołowym. Na każdą z prowadnic 4, 5, 6, 7 są nałożone po dwie kule, mające przełotowe otwory, przechodzące wzdłuż średnicy tych kul i umożliwiające ich ruch posuwisty wzdłuż prowadnic 4, 5, 6, 7. Wszystkie kule 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 są wykonane ze stali sprężynowej, przy czym kule 9, 10 nałożone na pierwszą prowadnicę 4 mają równe masy i średnice, kule 11, 12 nałożone na drugą prowadnicę 5 mają różne masy i średnice, zaś kula dolna 11 ma większą masę i średnicę, niż kula górna 12. Kule 13, 14 nałożone na trzecią prowadnicę 6 także mają różne masy i średnice, zaś kula dolna 13 ma mniejszą masę i średnicę, niż kula górna 14, natomiast na czwartą prowadnicę 7 są nałożone kule 15, 16 o takich samych masach i różnych średnicach, zaś kula górna 16 o większej średnicy ma wewnątrz kuliste wydrążenie. Pod każdą z kul dolnych 9, 11, 13, 15 znajduje się poziome ramię jednego z trzymaczy 17, 18, 19, 20, wykonanych z prętów o przekroju poprzecznym kołowym, wygiętych w kształcie litery L, zaś pionowe ramiona tych trzymaczy przechodzą przez otwory w poziomej belce 8 i wszystkie trzymacze są ustawione w podłużnej płaszczyźnie symetrii przyrządu. Na górnym końcu każdego z tych ramion jest osadzone koło zębate 21, zabezpieczone przed zsunięciem z trzymacza kołkiem 22, przechodzącym przez otwór wykonany wzdłuż średnicy piasty koła zębatego 21 i górnego końca trzymacza 16, albo 17, albo 18, albo 19, na który koło zębate jest nałożone. Między boczną, dolną powierzchnią koła zębatego 21 i górną powierzchnią poziomej belki 8 jest umieszczona sprężyna śrubowa ściskana 23. Każde z kół zębatych 21 jest zazębione z poziomą listwą zębatą 24, o przekroju poprzecznym prostokątnym, zakończoną na końcu odgiętym prostopadłe do tej listwy odcinkiem bez zębów, stanowiącym uchwyt 25. Listwa zębata 24 przechodzi przez otwory w dwóch płaskich, prostokątnych i skierowanych pionowo wspornikach 26, umieszczonych na końcach listwy zębatej 24 i dolne końce wsporników 26 są osadzone na wcisk w otworach poziomej belki 8. Na podstawie 1 jest umieszczona płaska płyta odbiciowa 27 w kształcie prostokąta z otworami na słupki 2, 3 i prowadnice 4, 5, 6, 7, wykonana ze stali sprężynowej.

Zasada działania przyrządu do sprawdzania zasady zachowania pędu polega na tym, że pociągając za uchwyt 25 przesuwa się listwę zębatą 24, która zazębiając się z kołami zębatymi 21 powoduje ich obrót, a wraz z nimi obrót trzymaczy 17, 18, 19, 20 w kierunku prostopadłym do poziomej belki 8. W wyniku tego poziome ramiona trzymaczy 17, 18, 19, 20 zostają wysunięte spod kul dolnych 9, 11, 13, 15 i wszystkie kule zaczynają jednocześnie spadać wzdłuż prowadnic 4, 5, 6, 7, aż do zderzeń sprężystych z płytą odbiciową 27 i zderzeń ze sobą par kul, które zsuwały się po tej samej prowadnicy. W tych zderzeniach spełnione są zasady zachowania pędu i energii mechanicznej. Zgodnie z tymi zasadami pary kul o równych masach 9, 10 i 15, 16 wznoszą się na takie same wysokości, na których znajdowały się na początku. Po odbiciu kul o różnych masach 11, 12, kula o mniejszej masie 12 wznosi się na większą wysokość od zajmowanej na początku i zatrzymuje w położeniu 28, a kula o większej masie 11 wznosi się na mniejszą wysokość od zajmowanej na początku i zatrzymuje w położeniu 29. Z kolei po odbiciu kul o różnych masach 13, 14, kula o większej masie 14 uzyskuje mniejszą prędkość, ale jest przyspieszana ku górze przez kulę o mniejszej masie 13, która przy odbiciu uzyskała większą prędkość. W końcowym efekcie obie kule 13, 14 osiągają początkowe wysokości, co jest zgodne z zasadą zachowania energii mechanicznej. Następnie opisane zderzenia się powtarzają, ale wskutek

niedoskonałej sprężystości materiału kul i płyty odbiciowej 27 oraz oporów ruchu, takich jak opór powietrza, tarcie na prowadnicach, 4, 5, 6, 7, osiągane wysokości maksymalne maleją aż do zatrzymania się wszystkich kul w najniższych położeniach na prowadnicach 4, 5, 6, 7. Pomiar maksymalnych wysokości kul po odbiciu oraz porównanie ze sobą wartości energii kinetycznej i potencjalnej pozwala wyznaczyć prędkości i pędy kul po zderzeniu i porównać z wartościami, przewidywanymi przez zasadę zachowania pędu. Po zatrzymaniu się wszystkich kul na płycie odbiciowej 27 przesuwają się listwę zębatą 24 i trzymacze 17, 18, 19, 20 do początkowego położenia, popychając listwę zębatą 24 ręką za pomocą uchwytu 25. Następnie trzymacz 17 pociągają się ręką w dół, co powoduje, że ten trzymacz przestaje zażębiać się z listwą zębatą 24. Po tym obraca się trzymacz 17 w kierunku prostopadłym do poziomej belki 8 i nadal trzyma w tym położeniu. Wtedy przesuwają się kule 9, 10 powyżej poziomego ramienia trzymacza 17, obraca ten trzymacz do położenia początkowego i przestaje go trzymać, a kule 9, 10 opuszcza na poziome ramię trzymacza 17. Opisane czynności powtarza się dla pozostałych trzymaczy 18, 19, 20 oraz kul 11, 12, 13, 14 i 15, 16, przywracając w ten sposób przyrząd do stanu początkowego, co umożliwia powtórzenie doświadczenia. Wykonując opisane wyżej czynności można również umieścić kule na dowolnej kombinacji tylko dwóch lub trzech spośród wszystkich trzymaczy 17, 18, 19, 20, co pozwala na wykonywanie różnych wariantów doświadczenia i rozszerza funkcjonalność przyrządu. Wykonanie wszystkich kul 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 i płyty odbiciowej 27 z materiału sprężystego, korzystnie ze stali sprężynowej zapewnia małe straty energii mechanicznej i sprawne działanie przyrządu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do sprawdzania zasady zachowania pędu, mający postawę w kształcie prostokątnej, poziomej płyty, **zamienny tym**, że w podstawie (1) są otwory rozmieszczone wzdłuż podłużnej osi symetrii podstawy (1), w których są osadzone na wcisk dolne końce pionowych słupków (2, 3) i dolne końce pionowych prowadnic (4, 5, 6, 7), zaś górne końce słupków (2, 3) i prowadnic (4, 5, 6, 7) są osadzone na wcisk w otworach poziomej belki (8) w kształcie płaskownika, a ponadto słupki (2, 3) i prowadnice (4, 5, 6, 7) mają kształt prętów o przekroju poprzecznym kołowym, przy czym na każdą z prowadnic (4, 5, 6, 7) są nałożone po dwie kule, mające przelotowe otwory, przechodzące wzdłuż średnicy tych kul i umożliwiające ich ruch posuwisty wzdłuż prowadnic (4, 5, 6, 7), a ponadto wszystkie kule (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) są wykonane z tego samego materiału sprężystego, przy czym kule (9, 10) nałożone na pierwszą prowadnicę (4) mają także równe masy i średnice, kule (11, 12) nałożone na drugą prowadnicę (5) mają różne masy i średnice, zaś kula dolna (11) ma większą masę i średnicę, niż kula górna (12), kule (13), (14) nałożone na trzecią prowadnicę (6) także mają różne masy i średnice, zaś kula dolna (13) ma mniejszą masę i średnicę, niż kula górna (14), natomiast na czwartą prowadnicę (7) są nałożone kule (15), (16) o takich samych masach i różnych średnicach, zaś kula górna (16) o większej średnicy ma wewnątrz kuliste wydrążenie, a oprócz tego pod każdą z kul dolnych (9, 11, 13, 15) znajduje się poziome ramię jednego z trzymaczy (17, 18, 19, 20) wykonanych z prętów o przekroju poprzecznym kołowym, wygiętych w kształcie litery L, zaś pionowe ramiona tych trzymaczy przechodzą przez otwory w poziomej belce (8) i wszystkie trzymacze są ustawione w podłużnej płaszczyźnie symetrii przyrządu, a na górnym końcu każdego z tych ramion jest osadzone koło zębate (21), zabezpieczone przed zsunięciem z trzymacza kołkiem (22), przechodzącym przez otwór wykonany wzdłuż średnicy piasty koła zębatego (21) i górnego końca trzymacza (16), albo (17), albo (18), albo (19), na który koło zębate jest nałożone, a oprócz tego między boczną, dolną powierzchnią koła zębatego (21) i górną powierzchnią poziomej belki (8) jest umieszczona sprężyna śrubowa ściskana (23), a poza tym każde z kół zębatych (21) jest zażębiane z poziomą listwą zębatą (24), o przekroju poprzecznym prostokątnym, zakończoną na końcu odgiętym prostopadłe do tej listwy odcinkiem bez zębów, stanowiącym uchwyt 25, a ponadto listwa zębata (24) przechodzi przez otwory w dwóch płaskich, prostokątnych i skierowanych pionowo wspornikach (26), umieszczonych na końcach listwy zębatej (24) i dolne końce wsporników (26) są osadzone na wcisk w otworach poziomej belki (8), a ponadto na podstawie (1) jest umieszczona płaska płyta odbiciowa (27) w kształcie prostokąta z otworami na słupki (2, 3) i prowadnice (4, 5, 6, 7), wykonana z materiału sprężystego.

2. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wszystkie kule (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) są wykonane ze stali sprężynowej.
3. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że płyta odbiciowa (27) jest wykonana ze stali sprężynowej.

Rysunki

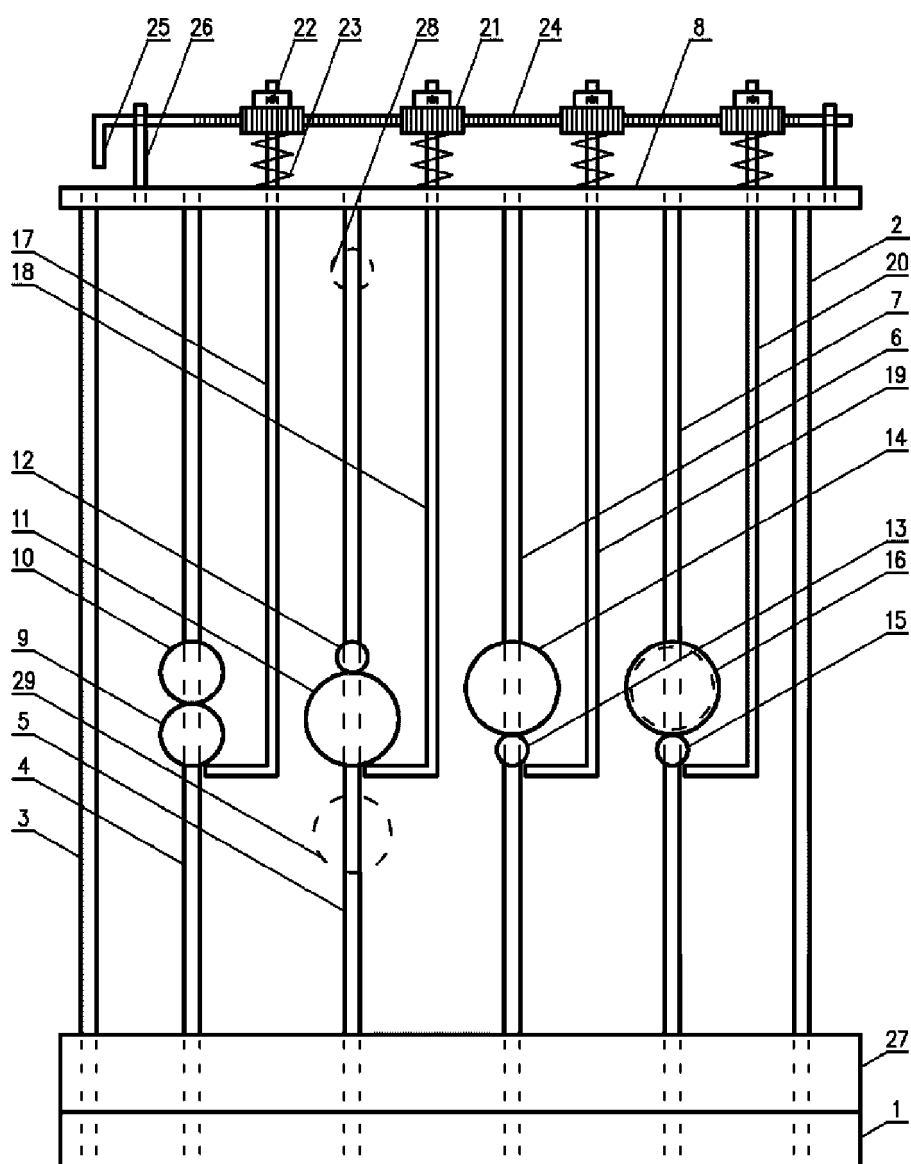


Fig.1

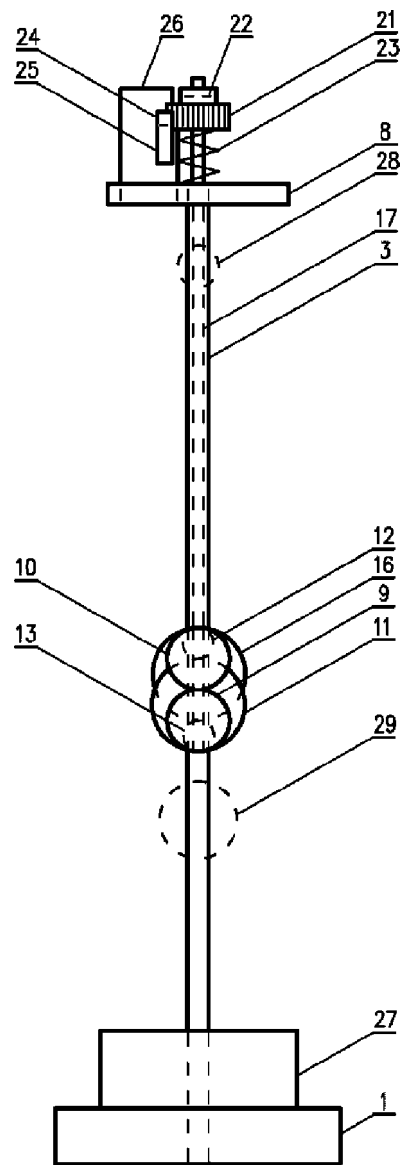


Fig.2

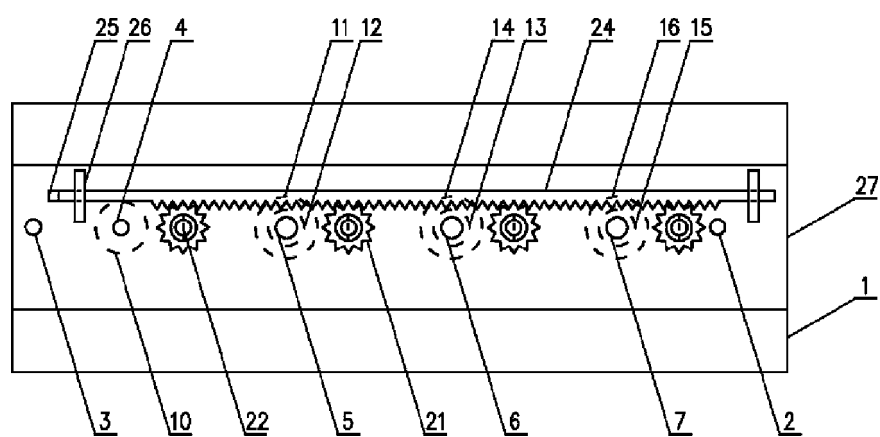


Fig.3