

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 248839 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433233**

(22) Data zgłoszenia: **2020.03.13**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.09.20 BUP 25/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2026.02.02 WUP 05/2026**

(51) MKP:

G09B 23/10 (2006.01)

G09B 23/06 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

UNIWERSYTET ŁÓDZKI, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Iwona Płodzich-Hennig,
Gdańsk, PL**

(54) Tytuł:

Przyrząd do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń

PL 248839 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń, mający zastosowanie do celów edukacyjnych, zwłaszcza w szkolnych pracowniach fizycznych oraz podczas lekcji, wykładów i wydarzeń popularnonaukowych.

Znany przyrząd do badania zderzeń sprężystych jest opisany w artykule Grzegorza Derfla pt. „Wahadło Newtona”, opublikowanym w czasopiśmie „Delta – Popularny miesięcznik matematyczno-fizyczno-astronomiczny” w 2016 r., nr 5 (384), s. 12–14. Ten przyrząd zawiera podwójną, prostokątną ramkę, wygiętą z drutu i mającą dwa boki pionowe oraz środkowy bok poziomy. Na kawałkach drutu, stanowiących bok poziomy, zawieszonych jest pięć jednakowych, kulek stalowych, stykających się ze sobą. Każda z tych kulek zawieszona jest na dwóch odcinkach nierozciągliwej nici, tworzących ramiona litery V. Górne końce tych odcinków nici są przymocowane do środkowych, poziomych boków ramki, a dolne końce zostały zbliżone do siebie i przymocowane do górnej części kulki.

Działanie znanego przyrządu polega na tym, że wychyla się z pozycji pionowej od jednej do czterech kulek, znajdujących się po tej samej stronie przyrządu i puszcza je swobodnie. Wychylone kulki wracają do pozycji pionowej i zderzają się sprężysto z kulkami nieodchylonymi. W wyniku tego po przeciwnej stronie przyrządu obserwuje się wychylenie takiej samej ilości kulek. Następnie opisany efekt powtarza się dla kulek poruszających się po przeciwnej stronie. Takie zderzenia kulek trwają z malejącą amplitudą wychyleń aż do całkowitej zamiany energii mechanicznej kulek na energię wewnętrzną, wskutek niedoskonałej sprężystości materiału, z którego są wykonane kulki.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że przyrząd do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń zawiera poziomy walec, którego jeden koniec jest płaski, a drugi koniec ma kształt paraboloidy i w tym końcu walca znajdują się dwa połączone ze sobą nieprzelotowe kanały o przekroju kołowym, przy czym jeden z tych kanałów jest poziomy, otwarty od strony wierzchołka paraboloidy i współosiowy z poziomym walcem, natomiast kanał drugi jest pionowy, otwarty od góry i jego dolny, otwarty koniec, łączy się z kanałem poziomym pod kątem prostym, a miejsce połączenia znajduje się przed zamkniętym końcem poziomego kanału. W poziomym kanale jest osadzony na wcisk koncentrator, też w kształcie walca, zakończony od strony zamkniętego końca poziomego kanału powierzchnią paraboloidy a drugi koniec koncentratora jest płaski i stykający z powierzchnią bocznej pionowego kanału w miejscu jego połączenia z poziomym kanałem. Powierzchnie paraboloid poziomego walca i koncentratora tworzą układ konfokalny, którego ognisko znajduje się w środku płaskiej powierzchni koncentratora. Poziomy walec jest podwieszony za pomocą dwóch par prętów ustawionych wzdłuż ramion litery V pod poziomą belką, w której nad górnym końcem pionowego kanału jest przelotowy otwór i w tym otworze został osadzony na wcisk wylot stożkowego lejka, usytuowany współosiowo z pionowym kanałem i lejek jest napełniony kulkami o masie znacznie mniejszej od masy poziomego walca. Na wylot lejka, wystający od dołu pod poziomą belką jest nasadzony górny koniec giętkiej rurki, skierowanej pionowo i dolny koniec tej rurki jest osadzony na wcisk w górnym końcu kanału pionowego. W wylocie lejka nad poziomą belką jest pozioma szczelina, w którą wsuwa się poziome ramię zastawki w kształcie kątownika, opierającego się na górnej powierzchni poziomej belki. Pozioma belka jest też zaopatrzona w próg górny i próg dolny, usytuowane między parami prętów oraz w pionowy, przelotowy otwór, znajdujący się między progami. Między pionowym ramieniem zastawki i górnym progiem znajduje się sprężyna śrubowa ściskana, wsuwająca poziome ramię zastawki do szczeliny w wylocie lejka. Pozioma belka jest zaopatrzona od dołu we wspornik, znajdujący się poza parą prętów z osadzoną w tym wsporniku poziomą osią, na której obraca się pręt wahadła, mający w górnym końcu otwór przeznaczony do umieszczenia na tej osi i zakończony od dołu walcowym ciężarkiem, współosiowym z poziomym walcem. Pręt wahadła jest połączony z pionowym ramieniem zastawki za pomocą linki, opasującej progi górny i dolny oraz, przechodzącej przez pionowy otwór między tymi progami w poziomej belce. Ponadto pozioma belka sięga poza płaski koniec poziomego walca na odległość równą długości odchylnego do poziomu wahadła, złożonego z wahadła pręta i ciężarka, natomiast koniec poziomej belki jest przymocowany do górnego końca słupka, a dolny koniec tego słupka jest przymocowany do brzegu poziomej podstawy przyrządu, znajdującej się pod poziomym walcem. Poziomy walec, koncentrator, kulki i walcowy ciężarek są wykonane z materiału sprężystego, korzystnie ze stali sprężynowej. Lejek jest wykonany z materiału przezroczystego, korzystnie z pleksiglasu. Giętka rurka jest wykonana też z materiału przezroczystego, korzystnie z polietylenu.

Zaletą przyrządu do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń jest możliwość pokazania wprawiania w ruch kulek przez wielokrotne zderzenia ciał o różnych masach i wpływu ilości tych zderzeń

na prędkości tych ruchów. Dodatkowa zaleta przyrządu polega na możliwości obserwacji rzutów poziomych.

Przyrząd do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój pionowy przyrządu wzdłuż płaszczyzny symetrii A-A, natomiast fig. 2 stanowi jego widok z przodu.

Przyrząd do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń zawiera poziomy walec 1, którego jeden koniec jest płaski, a drugi koniec ma kształt paraboloidy i w tym końcu walca 1 znajdują się dwa połączone ze sobą nieprzelotowe kanały 2, 3 o przekroju kołowym, przy czym kanał 2 jest poziomy, otwarty od strony wierzchołka paraboloidy i współosiowy z walcem 1, natomiast kanał 3 jest pionowy, otwarty od góry i jego dolny, otwarty koniec, łączy się z kanałem 2 pod kątem prostym, a miejsce połączenia znajduje się przed zamkniętym końcem kanału 2. W poziomym kanale 2 jest osadzony na wcisk koncentrator 4, też w kształcie walca, zakończony od strony zamkniętego końca kanału 2 powierzchnią paraboloidy, a drugi koniec koncentratora 4 jest płaski i styczny powierzchni bocznej kanału 3 w miejscu jego połączenia z kanałem 2. Powierzchnie paraboloid walca 1 i koncentratora 4 tworzą układ konfokalny, którego ognisko znajduje się w środku płaskiej powierzchni koncentratora 4. Poziomy walec 1 jest podwieszony za pomocą dwóch par prętów 5, 6 ustawionych wzdłuż ramion litery V pod poziomą belką 7, w której nad górnym końcem kanału 3 jest przelotowy otwór i w tym otworze został osadzony na wcisk wylot stożkowego lejka 8, usytuowany współosiowo z kanałem 3 i lejek 8 jest napełniony kulkami 9 o masie znacznie mniejszej od masy poziomego walca 1. Na wylot lejka 8, wystający od dołu pod belką 7 jest nasadzony górny koniec giętkiej rurki 10, skierowanej pionowo i dolny koniec tej rurki jest osadzony na wcisk w górnym końcu kanału 3. W wylocie lejka nad poziomą belką 7 jest pozioma szczelina, w którą wsuwa się poziome ramię zastawki 11 w kształcie kątownika, opierającego się na górnej powierzchni poziomej belki 7. Pozioma belka 7 jest też zaopatrzona w próg górny 12 i próg dolny 13, usytuowane między parami prętów 5 i 6 oraz w pionowy, przelotowy otwór 14, znajdujący się między progami 12 i 13. Między pionowym ramieniem zastawki 11 i górnym progiem 12 znajduje się sprężyna śrubowa ściśkana 15, wsuwająca poziome ramię zastawki 11 do szczeliny w wylocie lejka 8. Pozioma belka 7 jest zaopatrzona od dołu we wspornik 16, znajdujący się poza parą prętów 5 z osadzoną w tym wsporniku poziomą osią 17, na której obraca się pręt wahadła 18, mający w górnym końcu otwór przeznaczony do umieszczenia na osi 17 i zakończony od dołu walcowym ciężarkiem 19, współosiowym z poziomym walcem 1. Pręt 18 jest połączony z pionowym ramieniem zastawki 11 za pomocą linki 20, opasującej progi 12 i 13 oraz, przechodzącej przez pionowy otwór 14 w poziomej belce 7. Ponadto pozioma belka 7 sięga poza płaski koniec walca 1 na odległość równą długości odchylnego do poziomu wahadła, złożonego z pręta 18 i ciężarka 19, natomiast koniec belki 7 jest przymocowany do górnego końca słupka 21, a dolny koniec tego słupka jest przymocowany do brzegu poziomej podstawy przyrządu 22, znajdującej się pod walcem 1. Poziomy walec 1, koncentrator 4, kulki 9 i walcowy ciężarek 19 są wykonane ze stali sprężynowej. Lejek 8 jest wykonany z pleksiglasu. Giętka rurka 10 jest wykonana z polietylenu.

Zasada działania przyrządu do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń polega na tym, że pręt 18 odchyła się ręcznie od pionu i puszcza swobodnie. Odchylany pręt 18 pociąga linkę 20, powodując wyciągnięcie zastawki 11 ze szczeliny w wylocie lejka 8. Skutkiem tego kulka 23, zajmująca najniższą pozycję w wylocie lejka 8, wpada do giętkiej rurki 10 i zatrzymuje się w poziomym kanale 2, dotykając środka płaskiej powierzchni koncentratora 4. (Dla odróżnienia, w dalszej części wyjaśnienia zasady działania kulka 23 po osiągnięciu tej pozycji w kanale 2 zostaje oznaczona jako kulka 24). Podczas wyciągania zastawki 11 sprężyna śrubowa 15 ulega ściśnięciu. Puszczone swobodnie wahadło opada do pozycji pionowej pod działaniem siły ciężkości. Podczas opadania wahadła ściśnięta sprężyna śrubowa 15 rozpręża się i powoduje wsunięcie zastawki 11 do szczeliny w wylocie lejka 8, co zapobiega wpadaniu wyżej położonych kulek 9 do giętkiej rurki 10. W końcowym etapie opadania wahadła ciężarek 19 uderza w płaski koniec poziomego walca 1, powodując wytworzenie w walcu fali uderzeniowej, która rozchodzi się w kierunku jego przedniego końca. Z powodu dużej różnicy impedancji materiału walca 1 i otaczającego go powierza fala uderzeniowa odbija się od parabolicznej powierzchni przedniego końca walca 1, a następnie wchodzi do koncentratora 4 i też odbija się od jego parabolicznej powierzchni. Po tych odbiciach energia fali uderzeniowej zostaje skoncentrowana we wspólnym ognisku obu powierzchni parabolicznych, gdzie kulka 24 styka się z płaską powierzchnią koncentratora 4. Skutkiem tego kulka 24 zostaje odbita od koncentratora 4 i wyrzucona z walca 1 przez poziomy kanał 2. Po zderzeniu z walcem 1, ciężarek 19 odbija się i ulega ponownemu odchyleniu od pionu. W wyniku tego w przyrządzie powtarzają się opisane zmiany i zostają wyrzucone kolejne kulki z poziomego kanału 2.

Kąty odchylenia wahadła od pionu i prędkości wylotu kolejnych kulek są jednak coraz mniejsze w wyniku strat energii mechanicznej. Straty te można skompensować przez ręczne zwiększenie kąta odchylenia pręta 18 od pionu. Paraboidalny kształt przedniej powierzchni walca 1 i powierzchni koncentratora 4, znajdującej się po stronie zamkniętego końca poziomego kanału 2, umożliwia dokładną koncentrację energii fali uderzeniowej po odbiciu od tych powierzchni na wyrzucanej kulce, ponieważ te powierzchnie spełniają rolę zwierciadeł parabolicznych, które nie wykazują aberracji sferycznej, występującej dla zwierciadeł sferycznych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do demonstracji wyrzutu kulek w wyniku zderzeń, mający słupek osadzony w podstawie, **znamienny tym**, że zawiera poziomy walec (1), którego jeden koniec jest płaski, a drugi koniec ma kształt paraboloidy i w tym końcu walca (1) znajdują się dwa połączone ze sobą nieprzelotowe kanały (2, 3) o przekroju kołowym, przy czym kanał (2) jest poziomy, otwarty od strony wierzchołka paraboloidy i współosiowy z walcem (1), natomiast kanał (3) jest pionowy, otwarty od góry i jego dolny, otwarty koniec łączy się z kanałem (2) pod kątem prostym, a miejsce połączenia znajduje się przed zamkniętym końcem kanału (2), a ponadto w poziomym kanale (2) jest osadzony na wcisk koncentrator (4) też w kształcie walca, zakończony od strony zamkniętego końca kanału (2) powierzchnią paraboloidy, a drugi koniec koncentratora (4) jest płaski i stykny powierzchni bocznej kanału (3) w miejscu jego połączenia z kanałem (2), a poza tym powierzchnie paraboloid walca (1) i koncentratora (4) tworzą układ konfokalny, którego ognisko znajduje się w środku płaskiej powierzchni koncentratora (4), a oprócz tego poziomy walec (1) jest podwieszony za pomocą dwóch par prętów (5, 6) ustawionych wzdłuż ramion litery V pod poziomą belką (7), w której nad górnym końcem kanału (3) jest przelotowy otwór i w tym otworze został osadzony na wcisk wylot stożkowego lejka (8), usytuowany współosiowo z kanałem (3) i lejek (8) jest napełniony kulkami (9) o masie znacznie mniejszej od masy poziomego walca (1), a ponadto na wylot lejka (8), wystający od dołu pod belką (7) jest nasadzony górny koniec giętkiej rurki (10), skierowanej pionowo i dolny koniec tej rurki jest osadzony na wcisk w górnym końcu kanału (3), z kolei w wylocie lejka nad poziomą belką (7) jest pozioma szczelina, w którą wsunięte jest poziome ramię zastawki (11) w kształcie kątownika, opierającego się na górnej powierzchni poziomej belki (7), a oprócz tego pozioma belka (7) jest też zaopatrzona w próg górny (12) i próg dolny (13), usytuowane między parami prętów (5, 6) oraz w pionowy, przelotowy otwór (14), znajdujący się między progami (12, 13), natomiast między pionowym ramieniem zastawki (11) i górnym progiem (12) znajduje się sprężyna śrubowa ściskana (15), wsuwająca poziome ramię zastawki (11) do szczeliny w wylocie lejka (8), a poza tym pozioma belka (7) jest zaopatrzona od dołu we wspornik (16), znajdujący się poza parą prętów (5) z osadzoną w tym wsporniku poziomą osią (17), na której obraca się pręt wahadła (18), mający w górnym końcu otwór przeznaczony do umieszczenia na osi (17) i zakończony od dołu walcowym ciężarkiem (19), współosiowym z poziomym walcem (1), a oprócz tego pręt (18) jest połączony z pionowym ramieniem zastawki (11) za pomocą linki (20), opasującej progi (12, 13) oraz przechodzącej przez pionowy otwór (14) w poziomej belce (7), a oprócz tego pozioma belka (7) sięga poza płaski koniec walca (1) na odległość równą długości odchylonego do poziomu wahadła, złożonego z pręta (18) i ciężarka (19), natomiast koniec belki (7) jest przymocowany do górnego końca słupka (21), a dolny koniec tego słupka (21) jest przymocowany do brzegu poziomej podstawy przyrządu (22), znajdującej się pod walcem (1), a oprócz tego poziomy walec (1), koncentrator (4), kulki (9) i walcowy ciężarek (19) są wykonane z materiału sprężystego, natomiast lejek (8) i giętka rurka (10) są wykonane z materiału przezroczystego.
2. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że poziomy walec (1), koncentrator (4), kulki (9) i walcowy ciężarek (19) są ze stali sprężynowej.
3. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że lejek (8) jest wykonany z pleksiglasu.
4. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że giętka rurka (10) jest wykonana z polietylenu.

Rysunki

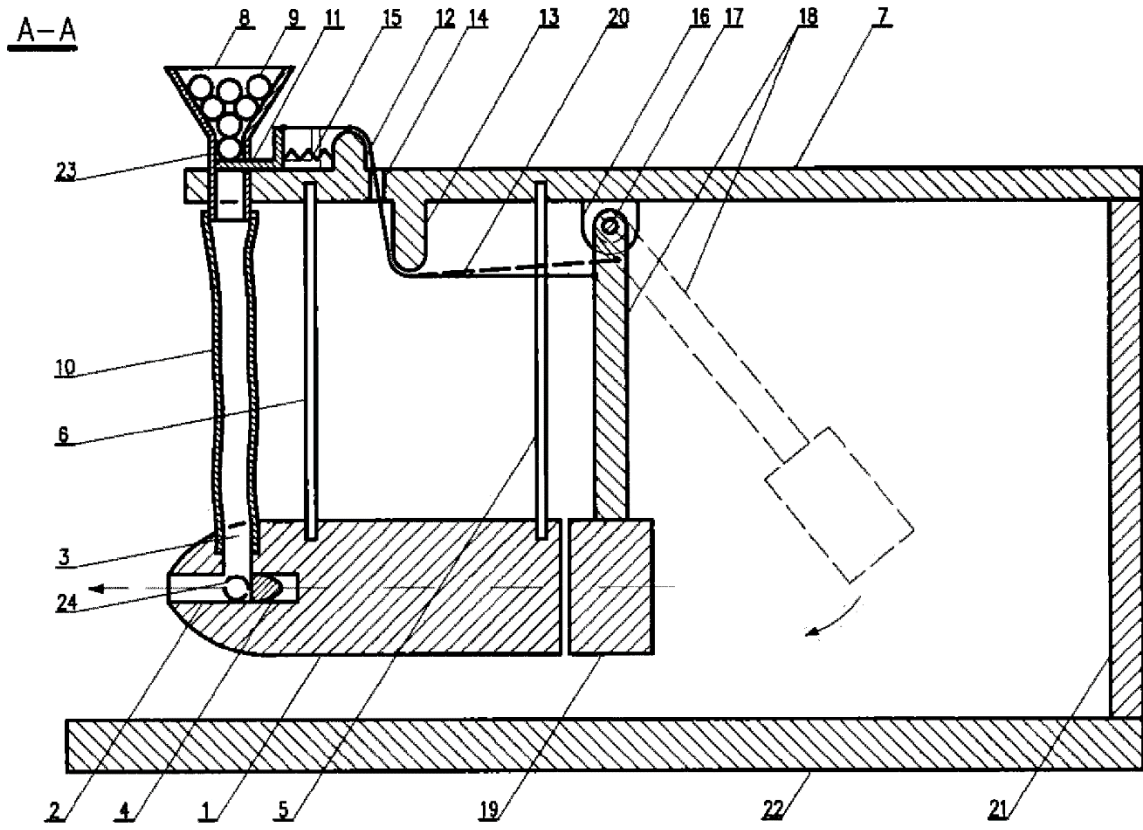


Fig.1

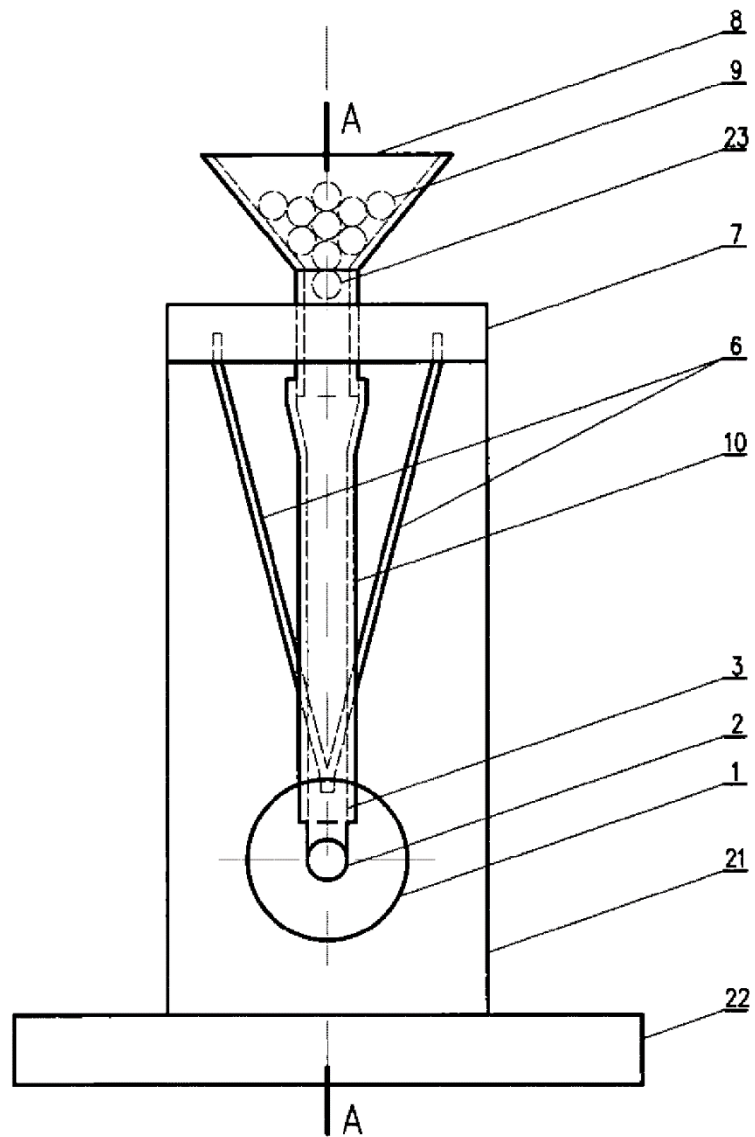


Fig. 2