



Chwilowa moc samochodu

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Symulacja interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Chwilowa moc samochodu

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/supercar-gm154077151-21769092> [dostęp 17.05.2022].

Czy to nie ciekawe?



Rys. a. Szybkościomierz samochodowy

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/1453649> [dostęp 17.05.2022], domena publiczna.

Marzeniem kierowców jest samochód, który będzie „przyspieszał do setki” jak najszybciej, tzn. po uruchomieniu silnika osiągnie prędkość 100 km/h w jak najkrótszym czasie. Jaki parametr silnika odpowiada za przyspieszenie samochodu? Jest to m. in. jego moc. Im większa jest maksymalna moc silnika, tym większe przyspieszenie i prędkość końcową może uzyskać pojazd. W tym e-materiale skupimy się zatem na zagadnieniach związanych z mocą samochodu oraz innymi czynnikami, które wpływają na prędkość pojazdu i jego przyspieszenie.

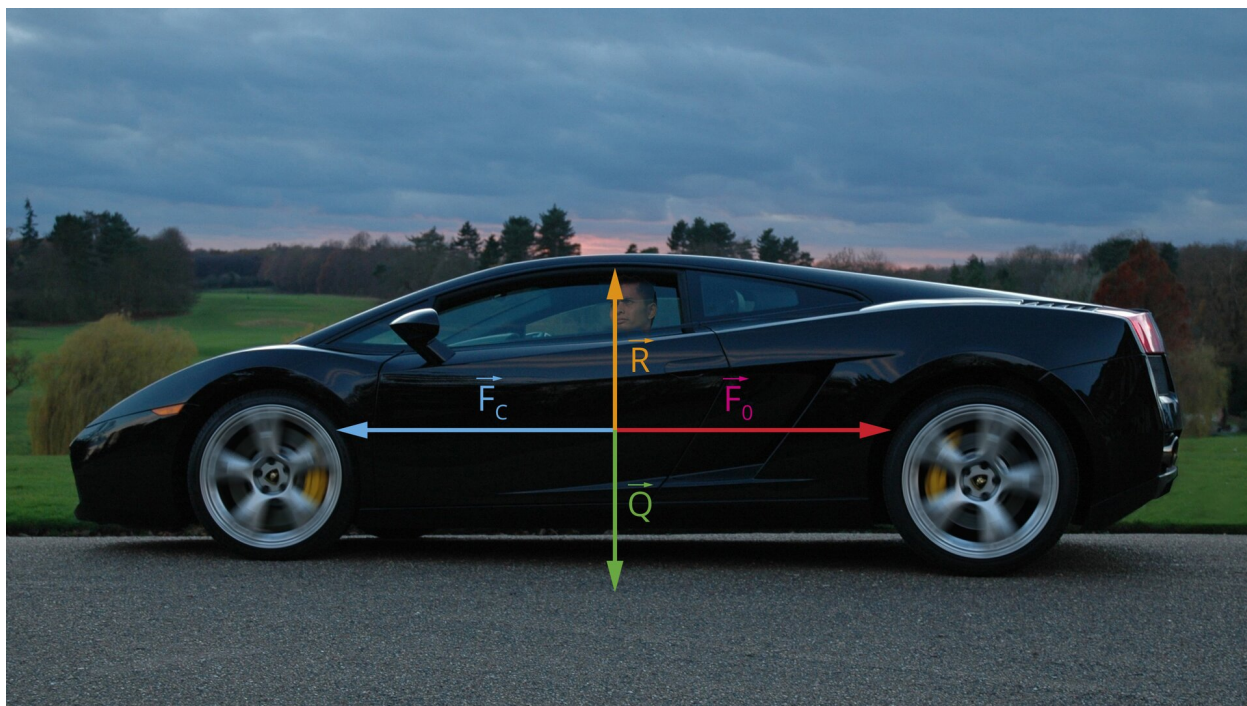
Twoje cele

- dowiesz się, jak wyznaczyć chwilową i średnią moc samochodu,
- poznasz czynniki wpływające na maksymalną prędkość i przyspieszenie pojazdu,
- zrozumiesz, dlaczego samochody mogą rozpędzać się tylko do pewnej granicznej prędkości,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do wyznaczenia chwilowej mocy pojazdu oraz jego maksymalnej prędkości.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Na jadący po poziomej drodze samochód działa wiele sił. Możemy jednak spróbować przedstawić je w uproszczonej postaci, wprowadzając siłę ciągu silnika \vec{F}_c , powodującą ruch samochodu oraz wypadkową siłę oporów ruchu \vec{F}_o , która ten ruch utrudnia. Wypadkową siłę oporu tworzą m.in. siła oporu powietrza oraz siła tarcia między kołami a podłożem. Na samochód działa też siła ciężkości \vec{Q} , równoważona przez siłę reakcji podłoża \vec{R} . Wszystkie siły działające na poruszający się samochód przedstawiliśmy na Rys. 1.



Rys. 1. Siły działające na samochód w trakcie jego ruchu

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/lamborghini-samoch%C3%B3d-sportowy-194484/> [dostęp 17.05.2022], domena publiczna.

Parametrem, który zazwyczaj interesuje nas bardziej od siły ciągu silnika, jest jego moc. Zwróć uwagę na tabele parametrów różnych samochodów – podają one maksymalną moc silnika, nie siłę ciągu silnika. Przykładową tabelę przedstawiliśmy poniżej.

Tabela 1. Tabela parametrów samochodu Audi Q3 wraz z informacją o maksymalnej mocy (dane ze strony Autokult.pl)

AUDI Q3 SPORTBACK 45 TFSI QUATTRO S TRONIC (2020)	
Pojemność silnika	1984 cm ³
Rodzaj paliwa	Benzyna
Moc maksymalna	230 KM
Moment maksymalny	350 Nm przy 1500–4400 obr./min.
Pojemność bagażnika	530 l

OSIĄGI		
Parametry techniczne	Katalogowo	Pomiar własny
Przyspieszenie 0–100 km/h	6,5 s	-
Prędkość maksymalna	250 km/h	-
Zużycie paliwa (średnie)	9,1–8,6 l/100 km	11 l/100 km

Mówiąc o mocy, często wprowadza się dwa rodzaje tej wielkości fizycznej – moc średnią $P_{\acute{s}r}$ oraz moc chwilową P_{ch} . Moc średnia $P_{\acute{s}r}$ zdefiniowana jest jako stosunek pracy wykonanej przez dane ciało, do czasu jej wykonywania.

$$P_{\acute{s}r} = \frac{\Delta W}{\Delta t}.$$

Podczas wyznaczania mocy średniej analizujemy większe przedziały czasu. W sytuacji, gdy moc danego ciała zmienia się w czasie, wyznaczenie mocy średniej może dać nam niepełny obraz sytuacji. Aby precyzyjnie określić, jaka jest moc danego ciała w bardzo krótkiej chwili czasu, możemy wyznaczyć moc chwilową P_{ch} . Z definicji, jest ona równa:

$$P_{ch} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t}.$$

Matematycznie, powyższe wyrażenie oznacza, że moc chwilowa jest pochodną pracy po czasie. Jak wyznaczyć moc silnika samochodowego, znając siłę ciągu przez niego wytwarzaną? Zajmiemy się tym w poniższych przykładach.

Przykład 1: Samochód jadący ze stałą prędkością

Spróbujmy najpierw powiązać moc dostarczaną przez silnik z jego siłą ciągu, dla samochodu jadącego po poziomej drodze ze stałą prędkością, jeśli siła ciągu silnika wynosi \vec{F}_c , a samochód przejeżdża drogę s . Droga s jest równa przemieszczeniu samochodu Δr . Oznacza to, że praca wykonana przez silnik wynosi:

$$W = F_c s.$$

Gdy samochód porusza się ruchem jednostajnym, przebyta przez niego droga wynosi $s = vt$, gdzie v jest wartością prędkości samochodu, a t – czasem ruchu. Ostatecznie, praca silnika samochodu wynosi:

$$W = F_c vt.$$

Aby wyznaczyć moc silnika, skorzystajmy z definicji mocy:

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow P = \frac{F_c vt}{t} = F_c v.$$

Oznacza to, że dla jadącego ze stałą prędkością samochodu, moc silnika jest proporcjonalna do jego prędkości. W tym przypadku moc średnia i chwilowa są sobie równe, gdyż prędkość samochodu jest ustalona. Sytuacja ta ma miejsce, gdy siła ciągu silnika \vec{F}_c jest równoważona przez wypadkową siłę oporu \vec{F}_o . Spróbujmy teraz przeanalizować nieco trudniejsze zagadnienia.

Przykład 2: Moc silnika dla przyspieszającego samochodu

Rozważmy następującą sytuację: poruszający się z początkową prędkością v_0 samochód zbliżał się skrzyżowania. Kierowca zauważył, że na sygnalizatorze nad jego

jezdnią światło jest zielone, więc postanowił nieco przyspieszyć, aby zdążyć przejechać przez skrzyżowanie przed ponowną zmianą światła na czerwone. Po mocniejszym wciśnięciu pedału gazu, samochód zaczął poruszać się ruchem jednostajnie przyspieszonym, z przyspieszeniem równym a . Ile będzie wynosić średnia moc silnika samochodu w łącznym czasie t_r , niezbędnym do przejechania skrzyżowania? Jaka będzie chwilowa moc silnika? Masa samochodu wynosi m , a wartość siły ciągu silnika podczas przyspieszania była stała i wynosiła F_c .

Rozwiązanie

W pierwszej kolejności wyznaczmy pracę wykonaną przez silnik. Droga, którą samochód przebył w czasie t_r wynosi:

$$s = v_0 t_r + \frac{1}{2} a t_r^2.$$

Droga ta jest równa przemieszczeniu samochodu. Praca wykonana przez silnik wynosi zatem:

$$W = F_c s = F_c \left(v_0 t_r + \frac{1}{2} a t_r^2 \right).$$

Aby wyznaczyć średnią moc, należy podzielić pracę przez całkowity czas, w jakim była ona wykonywana:

$$P_{\dot{s}r} = \frac{W}{t_r} = F_c \left(v_0 + \frac{1}{2} a t_r \right).$$

Zwróć uwagę na wyrażenie w nawiasie. Możemy przekształcić je w następujący sposób:

$$v_0 + \frac{1}{2} a t_r = v_0 + \frac{1}{2} \Delta v = v_0 + \frac{1}{2} (v_k - v_0) = \frac{1}{2} (v_k + v_0) = v_{\dot{s}r},$$

gdzie jako $\Delta v = at_r$ wyraziliśmy przyrost prędkości samochodu pod wpływem przyspieszenia działającego w czasie t_r . Z kolei przez v_k oznaczyliśmy końcową prędkość pojazdu po tym czasie. Po przekształceniach, po prawej stronie równania otrzymaliśmy wartość średniej prędkości podczas ruchu przyspieszonego. Oznacza to, że średnią moc możemy również wyznaczyć mnożąc siłę ciągu przez wartość prędkości średniej:

$$P_{\acute{s}r} = F_c v_{\acute{s}r}$$

Jest to identyczny wynik do otrzymanego w poprzednim przykładzie.

Moc chwilowa P_{ch} jest mocą samochodu wyznaczoną w bardzo małym przedziale czasu. Aby określić jej wartość, również możemy posłużyć się relacją opisującą zależność mocy od prędkości samochodu, wyprowadzoną w poprzednim przykładzie. Wtedy, do jej uzyskania przyjęliśmy, że samochód porusza się ze stałą prędkością. W naszym przypadku samochód przyspiesza. Nie jest to jednak problem – skoro moc chwilowa określona jest w bardzo krótkim odcinku czasu, to prędkość samochodu nie zdąży wtedy ulec większej zmianie. Im krótszy przedział czasu będziemy rozważać, tym mniej zmieni się prędkość samochodu i tym dokładniejszy wynik uzyskamy. Dla coraz krótszych przedziałów czasu, wartość prędkości będzie zbiegać do pewnej ustalonej wartości, którą nazywamy prędkością chwilową v_{ch} . Moc chwilowa wyniesie wtedy:

$$P_{ch} = F_c v_{ch}$$

Samochód porusza się z przyspieszeniem, więc i jego chwilowa prędkość stale rośnie. Rośnie zatem również chwilowa moc silnika. Zgodnie z warunkami naszego zadania, chwilową prędkość samochodu można wyrazić jako:

$$v_{ch} = v(t) = v_0 + at.$$

Chwilowa moc będzie zatem równa:

$$P_{ch}(t) = F_c v(t) = F_c(v_0 + at).$$

Komentarz fizyczny

W tym przykładzie przyjęliśmy, że przyspieszenie samochodu jest stałe – stałe zatem są: siła ciągu silnika oraz wypadkowa siła oporów ruchu. Założenie to nie jest w rzeczywistości prawdziwe, gdyż m.in. siła oporu powietrza zależy od bieżącej prędkości samochodu. Im większa jest prędkość samochodu, tym większa staje się siła oporu powietrza. Oznacza to, że przyspieszenie samochodu będzie malało, gdy będzie rosła jego prędkość (jeśli przyjmiemy, że siła ciągu silnika jest stała). Zagadnienie to można rozwiązać, nie jesteśmy jednak w stanie zrobić tego bez znajomości innego, bardziej zaawansowanego, narzędzia matematycznego – rachunku różniczkowego.

Komentarz matematyczny

Czym dokładnie jest prędkość chwilowa? Aby odpowiedzieć na to pytanie, rozważmy samochód poruszający się ze stałym przyspieszeniem $a = 0,5 \text{ m/s}^2$. Załóżmy, że w chwili $t = 0$, prędkość samochodu wynosiła $v_0 = 10 \text{ m/s}$. Rozważmy teraz, jak zmieniać się będzie prędkość samochodu dla coraz mniejszych przedziałów Δt :

Δt	$v_k = v_0 + a\Delta t$	$\Delta v = v_k - v_0$
4 s	12 m/s	2 m/s
1 s	10,5 m/s	0,5 m/s
0,1 s	10,05 m/s	0,05 m/s
0,01 s	10,005 m/s	0,005 m/s
0,001 s (1 ms)	10,0005 m/s	0,0005 m/s
0,0001 s (0,1 ms)	10,00005 m/s	0,00005 m/s

Widzimy, że gdy rozpatrujemy coraz mniejsze przedziały czasu, prędkość samochodu dąży do pewnej ustalonej wartości (tutaj: 10 m/s). Jest to wartość prędkości chwilowej, a związana jest z nią moc chwilowa.

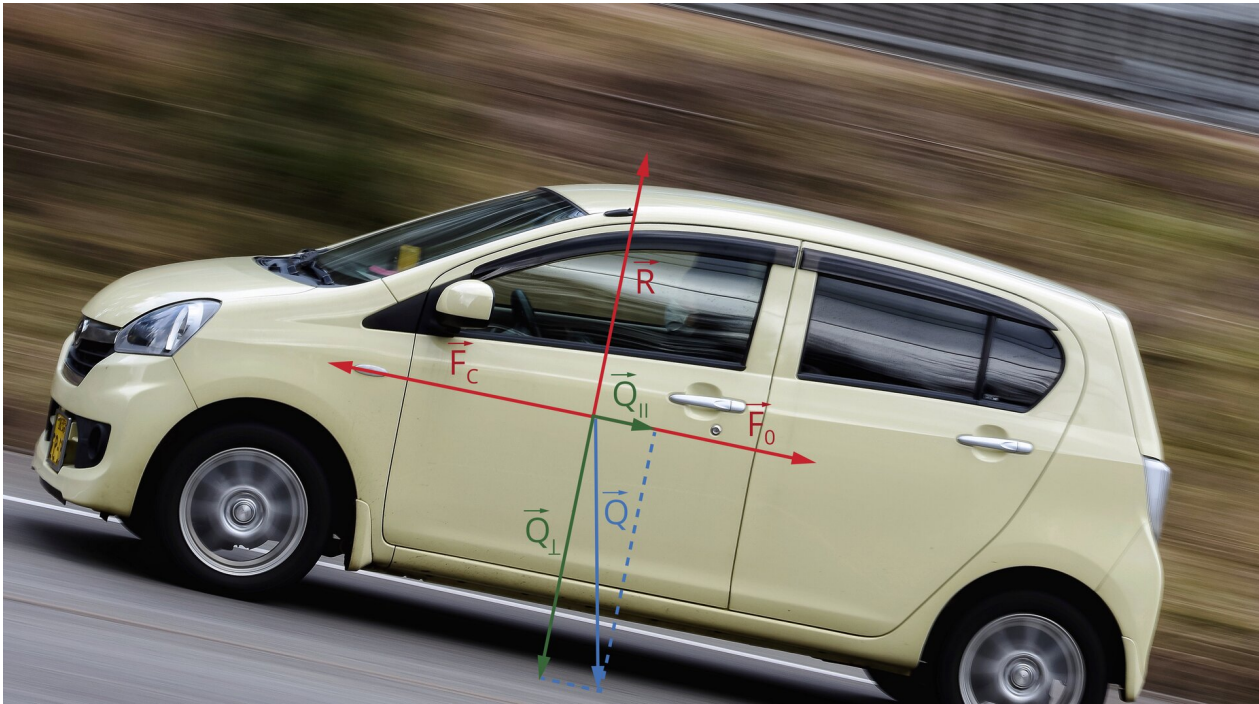
Przykład 3: Samochód wjeżdżający pod górę

Podczas rajdu samochodowego w Dakarze, jeden z kierowców wybiera trasę w górę zbocza o średnim kącie nachylenia wynoszącym 7° . W samochodzie o masie $m = 3 \text{ t}$, silnik zapewnia stałą siłę ciągu wynoszącą $F_c = 5000 \text{ N}$. Wyznacz zależność chwilowej mocy silnika samochodu od czasu podczas jazdy pod górę, jeśli u dołu zbocza samochód spoczywał. Przyjmij, że siła oporów ruchu (tzn. wypadkowa sił: tarcia, oporu powietrza etc.) jest skierowana przeciwnie do kierunku ruchu i stanowi 40% wypadkowej siły działającej na samochód.

Dane:	Szukane:
<p>masa samochodu $m = 3 \text{ t} = 3000 \text{ kg}$</p> <p>kąt nachylenia zbocza $\alpha = 7^\circ$</p> <p>siła ciągu silnika $F_c = 5000 \text{ N}$</p> <p>siła oporów ruchu stanowiąca 40% siły wypadkowej działającej na samochód: $F_o = 0,4F_w$</p> <p>przyspieszenie ziemskie: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$</p>	<p>chwilowa moc silnika $P_{ch} = ?$</p>

Analiza zadania

Samochód będzie poruszał się w górę zbocza z pewnym przyspieszeniem, zależnym od działającej na niego wypadkowej siły. Wszystkie siły działające na samochód przedstawiliśmy na Rys. 2. Po wyznaczeniu przyspieszenia, będziemy w stanie określić, jak zmienia się prędkość samochodu w funkcji czasu i określić jego chwilową moc.



Rys. 2. Siły działające na samochód jadący w górę zbocza

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, dostępny w internecie: <https://pixabay.com/de/photos/verkehrstra%C3%9fe-road-fahrzeug-auto-4810189/> [dostęp 17.05.2022], domena publiczna.

Na samochód działają: siła ciężkości \vec{Q} , siła reakcji podłoża \vec{R} , siła oporów ruchu \vec{F}_o oraz siła ciągu silnika \vec{F}_c . Przyspieszenie wywołane jest jedynie przez siły działające w kierunku ruchu, będą to: równoległa do zbocza składowa siła ciężkości \vec{Q}_{\parallel} , siła oporów ruchu \vec{F}_o oraz siła ciągu silnika \vec{F}_c .

Rozwiązanie

Wypadkowa siła działająca na samochód jest równa:

$$F_w = F_c - F_o - Q_{\parallel}.$$

Wartość równoległej składowej siły ciężkości wynosi $Q_{\parallel} = mg \sin \alpha$. Podstawiając dodatkowo do powyższego wzoru warunek pomiędzy siłą wypadkową, a siłą oporów ruchu, otrzymamy:

$$F_w = F_c - 0,4F_w - mg \sin \alpha,$$

$$1,4F_w = F_c - mg \sin \alpha,$$

$$F_w = \frac{F_c - mg \sin \alpha}{1,4}.$$

Zgodnie z II zasadą dynamiki Newtona, siła wypadkowa powoduje ruch ciała z przyspieszeniem:

$$a = \frac{F_w}{m} = \frac{F_c - mg \sin \alpha}{1,4m}.$$

Ponieważ prędkość początkowa samochodu była równa zero, zależność prędkości od czasu ma postać:

$$v(t) = at = \frac{F_c - mg \sin \alpha}{1,4m}t.$$

Chwilowa moc wynosi zatem:

$$P_{ch}(t) = F_c v(t) = F_c \frac{F_c - mg \sin \alpha}{1,4m}t,$$

czyli rośnie proporcjonalnie do czasu.

$$\left[P_{ch} \right] = \left[\text{N} \cdot \text{s} \cdot \frac{\text{N} - \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg}} = \text{N} \cdot \text{s} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W} \right]$$

Przykładowo, po dwóch sekundach ruchu, moc silnika będzie równa:

$$P_{ch}(2) = 5000 \cdot 2 \cdot \frac{5000 - 3000 \cdot 9,81 \cdot \sin 7^\circ}{1,4 \cdot 3000} \approx 3365 \text{ W}$$

Po czterech sekundach wyniesie ona z kolei:

$$P_{ch}(4) \approx 6730 \text{ W}$$

Chwilowa moc silnika rośnie z czasem, gdyż zwiększa się prędkość samochodu.

Słowniczek

Układ SI

(*ang.: System of units of measurements*), (*fr.: Système international d'unités*), polska pełna nazwa: Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – znormalizowany układ jednostek miar zawierający siedem jednostek podstawowych, które od 20 maja 2019 roku określone są poprzez wartości uniwersalnych stałych fizycznych. Za pomocą jednostek podstawowych układu SI można tworzyć jednostki pochodne, tj. wykorzystywany przez nas w tym e-materiale wat będący jednostką mocy.

Koń mechaniczny

(*ang.: horsepower*) - jednostka mocy stosowana do określenia mocy silnika samochodu. Nie wchodzi w skład jednostek [układu SI](#). Jeden koń mechaniczny (KM) jest równy ok. 735,5 W.

Symulacja interaktywna

Chwilowa moc samochodu

Symulacja umożliwia zbadanie zależności chwilowej mocy silnika samochodu poruszającego się po poziomej drodze od czasu.

Wielkościami zmienianymi przez użytkownika są: masa samochodu, wartość siły ciągu silnika i siła oporu. Po uruchomieniu animacji pojawia się wykres zależności mocy silnika oraz prędkości od czasu.

Uwaga: Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Polecenie 1

Polecenie 2

Jednym z samochodów osobowych o największej mocy silnika jest La Ferrari, którego silnik osiąga moc maksymalną 963 KM (koni mechanicznych). Przyjmując, że masa pojazdu wraz z pasażerem wynosi 1420 kg, a siła oporów ruchu przy wysokich prędkościach pojazdu jest stała i wynosi 7 000 N oblicz, jaką maksymalną prędkość może uzyskać La Ferrari. Przyjmij, że $1 \text{ KM} = 735,5 \text{ W}$ oraz że siła ciągu silnika jest stała. Sprawdź swoje obliczenia przy pomocy symulacji.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

to do poprawki, bo dubluje 2 i nie ma wzorów!

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



przy założeniu stałego nachylenia i rozumieniu „prędkość = szybkość”:

Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



dodać, że dla ustalonego przedziału czasu:

Ćwiczenie 5



Początkowo spoczywający samochód o masie m zaczyna poruszać się ze stałym przyspieszeniem a . Zakładając, że opory ruchu można zaniedbać, wykaż, że chwilowa moc silnika pojazdu jest proporcjonalna do kwadratu przyspieszenia.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



21% nachylenia. Co wspólnego z mocą silnika ma hamowanie silnikiem?

Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	W trzy sekundy do setki – co sprawia, że samochód może poruszać się szybko?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa
programowa:**

Cele kształcenia – wymagania ogólne

- I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

- I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:
 - 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
 - 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi.
- II. Mechanika.
Uczeń:
 - 10) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

- I. Wymagania przekrojowe.
Uczeń:
 - 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
 - 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi.
- III. Mechanika.
Uczeń:
 - 20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń.

Kształowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. podaje definicję mocy chwilowej. 2. oblicza wartość mocy chwilowej dla poruszającego się samochodu. 3. analizuje relacje między maksymalną mocą samochodu a prędkością maksymalną.
Strategie nauczania:	grywalizacja
Metody nauczania:	gra edukacyjna
Formy zajęć:	- praca w grupach, - dyskusja.
Środki dydaktyczne:	tablica
Materiały pomocnicze:	nożyczki, klej, kilka zestawów karteczek z wizerunkami różnych pojazdów oraz datą ich produkcji, plansza do naklejania karteczek (dla kilku grup) z naniesionym układem współrzędnych, gdzie na osi poziomej pojawia się rok produkcji pojazdu, a na osi pionowej – jego maksymalna prędkość.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel nawiązuje do tematu zajęć „W trzy sekundy do setki” i prosi uczniów o jego wyjaśnienie i wskazanie, jakie parametry samochodu pozwalają na jego szybkie przyspieszenie i wysokie wartości prędkości maksymalnej. Pyta uczniów, w jakim kontekście ważne są te parametry? (np. wyścigi Formuły 1). Nauczyciel wprowadza następnie definicję mocy chwilowej pojazdu opartą o wartość prędkości chwilowej (która wynika z przyspieszenia, a ono – z sił działających na pojazd). Po wprowadzeniu definicji, nauczyciel dzieli uczniów na kilka (4-5) grup i każdej wręcza niezbędne pomoce.</p>	

Faza realizacyjna:

Nauczyciel prosi uczniów o wyznaczenie maksymalnej prędkości pojazdów przedstawionych na karteczkach oraz stworzenie wykresu „prędkości maksymalnej od roku produkcji” (dla samochodów z szerokiego zakresu lat produkcji). Potrzebne dane dla wybranych modeli samochodów (masa, siła ciągu/moc silnika, prędkość maksymalna) można znaleźć w Internecie i umieścić np. na osobnej kartce lub rewersie karteczki z wizerunkiem pojazdu. Zadania powinny być urozmaicone, tzn. można wprowadzić siłę oporów ruchu lub sprawność silnika, rozumianą jako stosunek mocy mechanicznej przekazywanej na koła pojazdu do mocy uzyskanej w wyniku spalania paliwa. Wartości dodatkowych zmiennych powinny być tak dobrane, by w wyniku otrzymywać prędkości maksymalne podane w specyfikacjach pojazdów. Zadaniem uczniów jest wyznaczenie prędkości maksymalnych danych pojazdów na podstawie podanych parametrów i stworzenie wykresu.

Faza podsumowująca:

Dyskusja nauczyciela z uczniami – wskazanie relacji między rokiem produkcji a maksymalną prędkością; analiza pomysłów, dlaczego maksymalna prędkość pojazdu rosła wraz z rokiem produkcji. (wzrost mocy, spadek masy pojazdu, poprawa aerodynamiki etc.) Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Praca domowa:

Wykorzystanie symulacji dołączonej do e-materiału i analiza zależności mocy i prędkości od czasu. Rozwiązanie zadań z części „Przeczytaj” w celu utrwalenia zdobytych wiadomości.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Interaktywną symulację można wykorzystać także jako bazę do lekcji – np. uczniowie mają za zadanie domowe wyszukać w Internecie parametry różnych pojazdów, które następnie wpisuje się do symulacji i określa zależność mocy i prędkości dla tych pojazdów.