

A dramatic photograph of a SpaceX rocket launch at night. A bright, glowing plume of fire and smoke trails from the rocket, extending from the bottom center towards the top of the frame. The background is a dark, cloudy sky. In the bottom left corner, some faint lights from the launch complex are visible.

SpaceX

historie, současnost i budoucnost

Dušan Majer

dusanmajer87@gmail.com

<http://www.kosmonautix.cz>

# Elon Musk

\* 28.6.1971 v JAR

Vizionář

PayPal

Tesla Motors

HyperLoop

SpaceX



# SpaceX

Založena 2002

Elon Musk – zakladatel, výkonný ředitel, hlavní technolog

Gwyne Shotwell – prezidentka

Hlavní cíl firmy

- provést revoluci v kosmonautice
- dostat lidi na Mars

Více než 5 000 zaměstnanců



# Krušné začátky

První raketa Falcon 1

- lehký nosič

- 1 motor Merlin 1A, později 1C

2006 – 2009

Nosnost na LEO: 180 – 670 kg

Starty z kosmodromu Omelek (atol Kwajelein)

24.3.2005 – havárie (T+0:33) - motor

21.3.2007 – havárie (T+7:30) - oscilace

3.8.2008 – havárie (kolize 1. a 2. stupně)

KLINICKÁ SMRT FIRMY

28.9.2008 – RatSat

14.6.2009 - RazakSat



# Falcon 9

Opuštění vize Falcon 1e

Vývoj zbrusu nového, silnějšího nosiče

Postupný vývoj - nejprve 1.0

9 motorů Merlin 1C

Výška 55 metrů

5 startů – 0 havárií, jeden částečný neúspěch

Premiéra 4.6.2010



# Falcon 9 v1.1

Změny oproti verzi 1.1

- prodloužené nádrže = upravený řídicí systém
- nové motory Merlin 1D
  - tah 801 kN vs. 590 kN
- uspořádání motorů tzv. octaweb

Výsledek

- Zvýšení nosnosti ze 6,5 tuny na LEO na 13,5 tuny

Výška 68 metrů

15 startů – 1 havárie

Premiéra 29.9.2013



# Falcon 9 v1.2 (v1.1 FT)

Změny oproti verzi 1.1

- o 10% delší nádrže horního stupně
- podchlazené palivo
- letecký petrolej
  - dříve 22°C, nyní -6°C
- kapalný kyslík
  - dříve -183°C, nyní -206°C

Stejně nádrže prvního stupně + 27 tun

Zvětšené nádrže horního stupně + 16 tun

- o 15% vyšší tah motorů

Výsledek

- o 30% vyšší výkon

Výška 70 metrů

8 startů – 0 havárií (1 havárie před startem)

Premiéra 22.12.2015



# Dragon

Úspěch ve výzvě COTS

Jako jediný dokáže vozit náklad dolů

8.12.2010 – zkušební let na oběžnou dráhu + návrat

22.5.2012 – První spojení s ISS (drobná změna plánů)

9 úspěšných letů k ISS + 1 havárie

Chystá se znovupoužitelnost





# Znovupoužitelnost

Nejdražší – motory

Palivo – levné

Jednoduché poletová údržba

- Opak raketoplánů (tepelná ochrana)

Snížení nákladů na provoz

- o dva řády ???

Letos 70% úspěšnost

- zatím 62,5% (5 úspěchů, 3 havárie)

Příští rok 90%



# Grasshopper

Testovací zařízení

Základna McGregor

21.9.2012 – 1,8 m

1.11.2012 – 5,4 m

17.12.2012 – 40 m

7.3.2013 – 80 m

17.4.2013 – 250 m

14.6.2013 – 325 m

13.8.2013 – 250 m (+ úhyb o 100m)

7.10.2013 – 744 m

Grasshopper 2 (F9R) – úhybné manévry

17.4.2014 – 250 m

1.5.2014 – 1000 m

17.6.2014 – 1000m – roštová kormidla



# Přistání v moři

29.9.2013 – zkušební zpomalení nad oceánem

18.4.2014 – vysunutí nohou, simulace přistání

14.7.2014 - - „-“

21.9.2014 - - „-“

Just Read the Instructions  
Of Course I Still Love You

10.1.2015 – tvrdé přistání v noci – přilet ze strany v náklonu

11.2.2015 – vysoké vlny, pokus zrušen

14.4.2015 – rozkývaný sestup, tryska se snažila, neúspěšně – viz obr

17.1.2016 – zlomená noha

4.3.2016 – tvrdý náraz

8.4.2016 – první úspěšné přistání – další tři v řadě

15.6. 2016 – příliš opatrný sestup – havárie

14.8.2016 – úspěšné přistání



# Přistání na pevnině

22.12.2015 – Historický úspěch (Orbcomm)

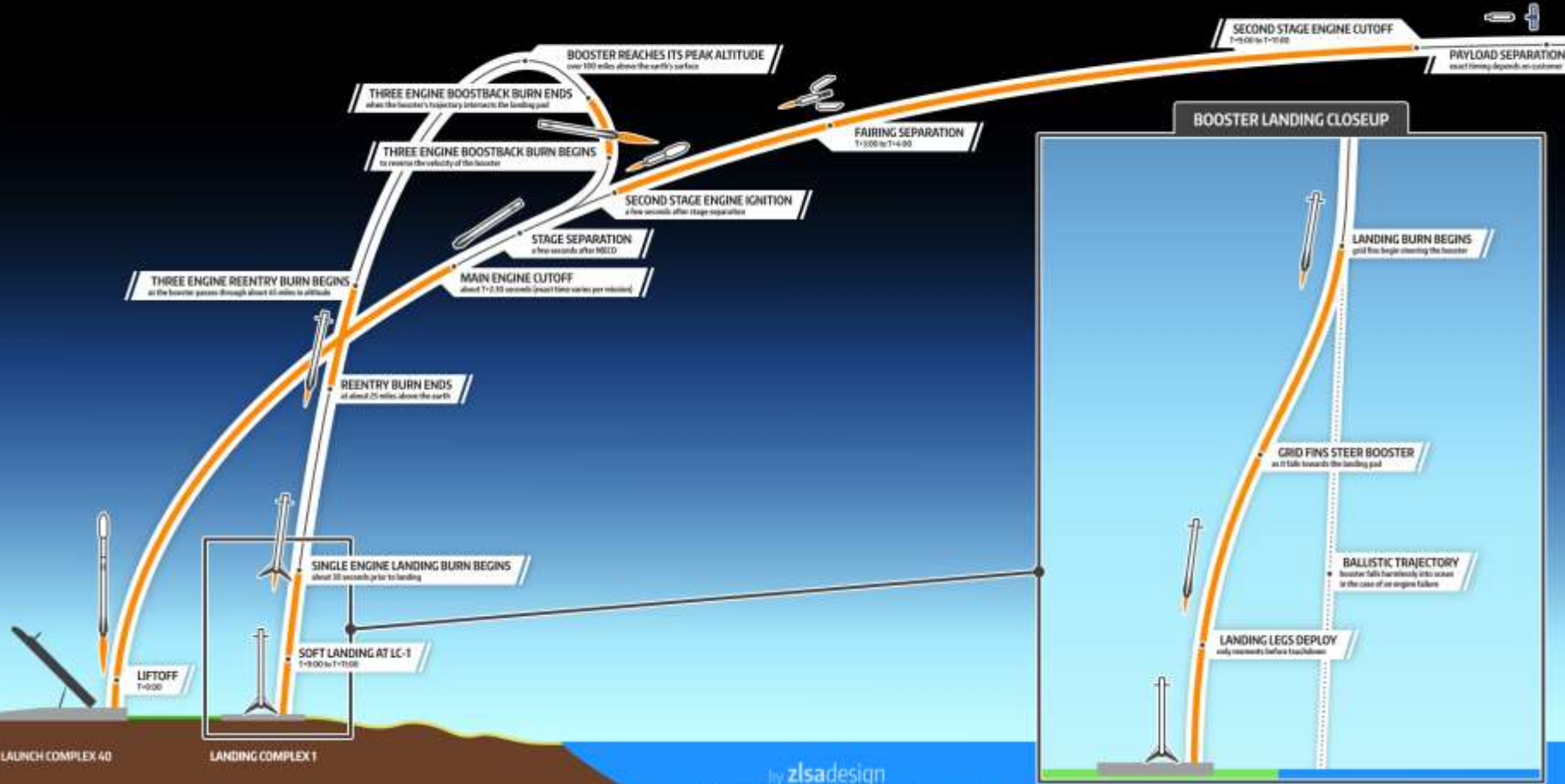
18.7.2016 – Let s lodí Dragon



# 22.12.2015

## SPACEX FALCON 9 LAUNCH AND LANDING PROFILE

NOTE: NOT TO SCALE/TRAJECTORY IS NOT EXACT



by zlsadesign  
THIS IS AN UNOFFICIAL FANMADE INFOGRAPHIC

made on December 19, 2015; prior to OG2 Launch 2

# Analýza



# Hangár



# JCSat-14

Start 6. května 2016

Ze všech nejpoškozenější

Zkoušky na základně McGregor

Konec července – tři plné zážehy ve třech dnech

Momentálně minimálně 8 zážehů (polovina o 10% vyšší tah)

Plán 8 – 14 zážehů mezi běžnou přípravou

Pokud to zvládne nejpoškozenější kus, zvládnou to všechny





# Orbcomm

Historicky první zachráněný první stupeň  
22.12.2015

Muzejní exponát

V polovině srpna 2016 vztyčen před  
sídlem firmy



# DragonFly

Testovací zařízení pro motorické přistání  
lodi Dragon

Nejprve v poutaném stavu

Později volné



# Pad Abort test

Zkouška záchrany lodi, dokud raketa stojí na rampě

Každá pilotovaná loď musí mít záchranný systém

Originální přístup SpaceX

6.5.2015

Úspěšný výsledek

Drobný problém – vinou špatného poměru paliva měl jeden motor nižší tah a loď nevystoupala tak vysoko.



# 1. neúspěch (částečný)

8. listopadu 2012

První ostrý let Dragonu k ISS

T+1:20 - Selhání jednoho motoru na prvním stupni

Horní stupeň doháněl manko

Nezbylo palivo pro sekundární úkol

Ukázala se robustní konstrukce rakety a výhoda mnoha motorů na prvním stupni



# 2. neúspěch

28. června 2015

Sedmý ostrý let Dragonu k ISS

T+2:20 – problém na horním stupni, rozpad nosiče

Dragon přežil, ale nezachránil se (software s touto situací nepočítal)

Důkladná analýza – zajímavé odhalení pomocí mikrofونů

Důkladná kontrola vzpěr – měly odolat 1,4 násobku běžného zatížení, některé praskaly ještě před dosažením běžného zatížení

Dodavatel měl licenci, ale poslal zmetky

Změna dodavatele

Zpoždění startů – půl roku



# 3. neúspěch

1. září 2016

Izraelský komunikační satelit AMOS-6

Exploze při tankování na statický zážeh

Zničen i satelit

COPV – Carbon-fiber composite-  
overwrapped pressure vessel (tlak helia  
35 MPa)

Tuhý kyslík – reakce s uhlíkem

Úspěšné napodobení podmínek

Zpoždění startů – čtvrt roku ???



# Budoucnost – Falcon Heavy

Těžkotonážní nosič

Postranní bloky – jen lehce upravené  
Falcon 9 FT

První start snad červen 2017

Původně plánovaný systém cross feed -  
zrušeno

System záchrany všech stupňů

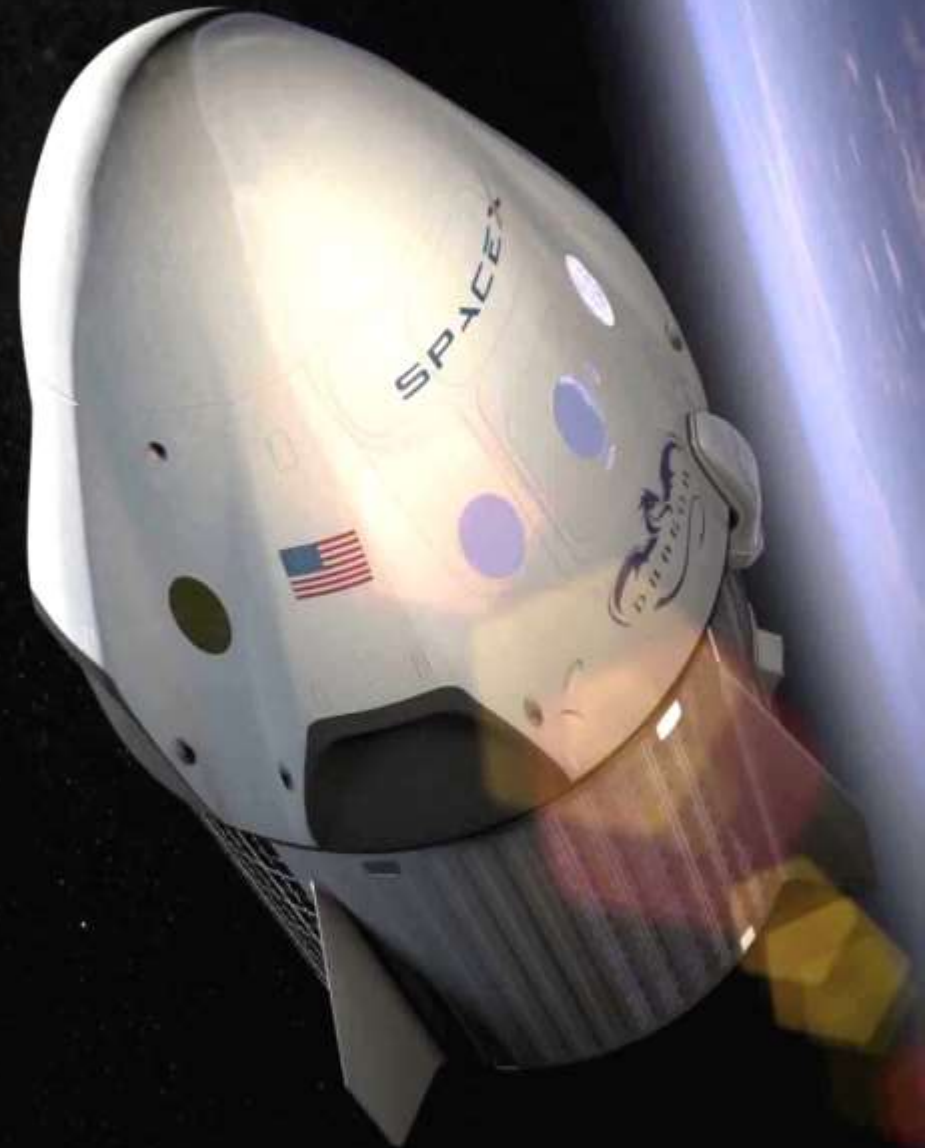


# Budoucnost – Dragon 2

Pilotovaná loď Crew Dragon – po roce  
2018

Motorické přistávání

Solární panely na trunku





# Budoucnost – Red Dragon

Dříve spekulovaný plán – letos oživen

Využití Dragonu pro dopravu vědeckých experimentů na Mars

Sabatierova reakce

Vrtáky

Doprava vzorků

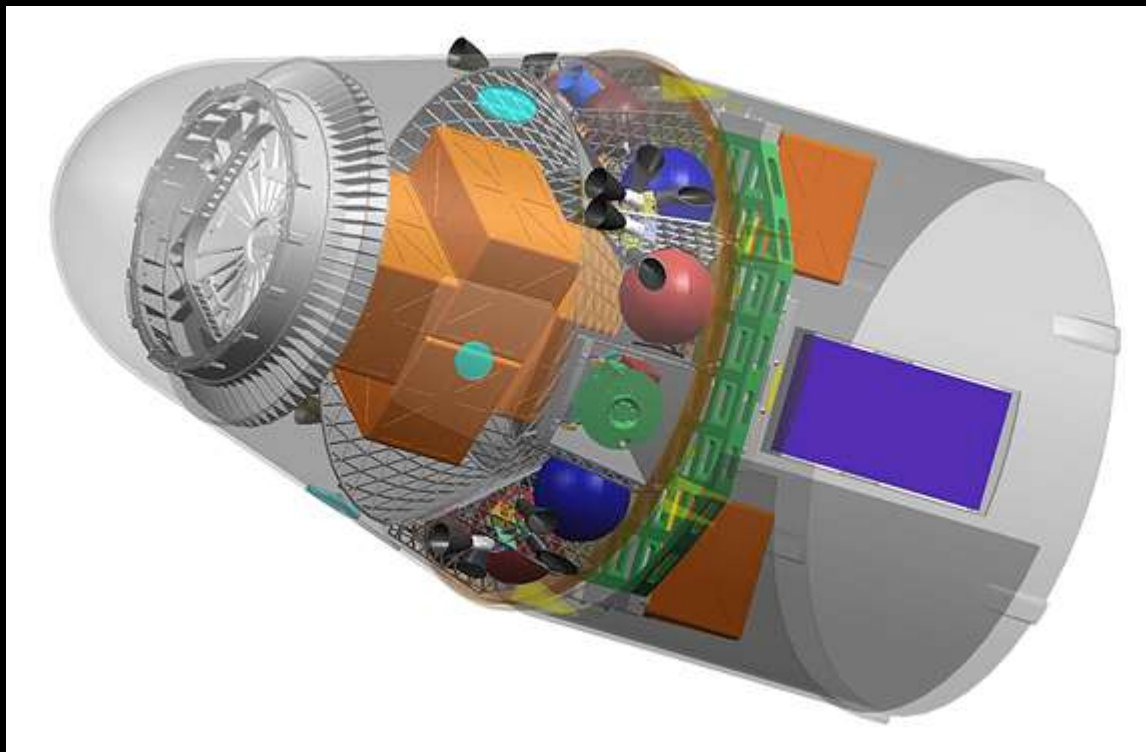
Rok 2018 – Dragon 2 na Falconu Heavy

Nejtěžší náklad, jaký kdy na Marsu přistával - NASA má zájem o informace



# Budoucnost – DragonLab

Dříve zvažovaný koncept pro  
experimenty na oběžné dráze



# Budoucnost – Satelitní internet

4425 satelitů v 83 rovinách

Výška 1110 – 1325 km  
- nízká latence

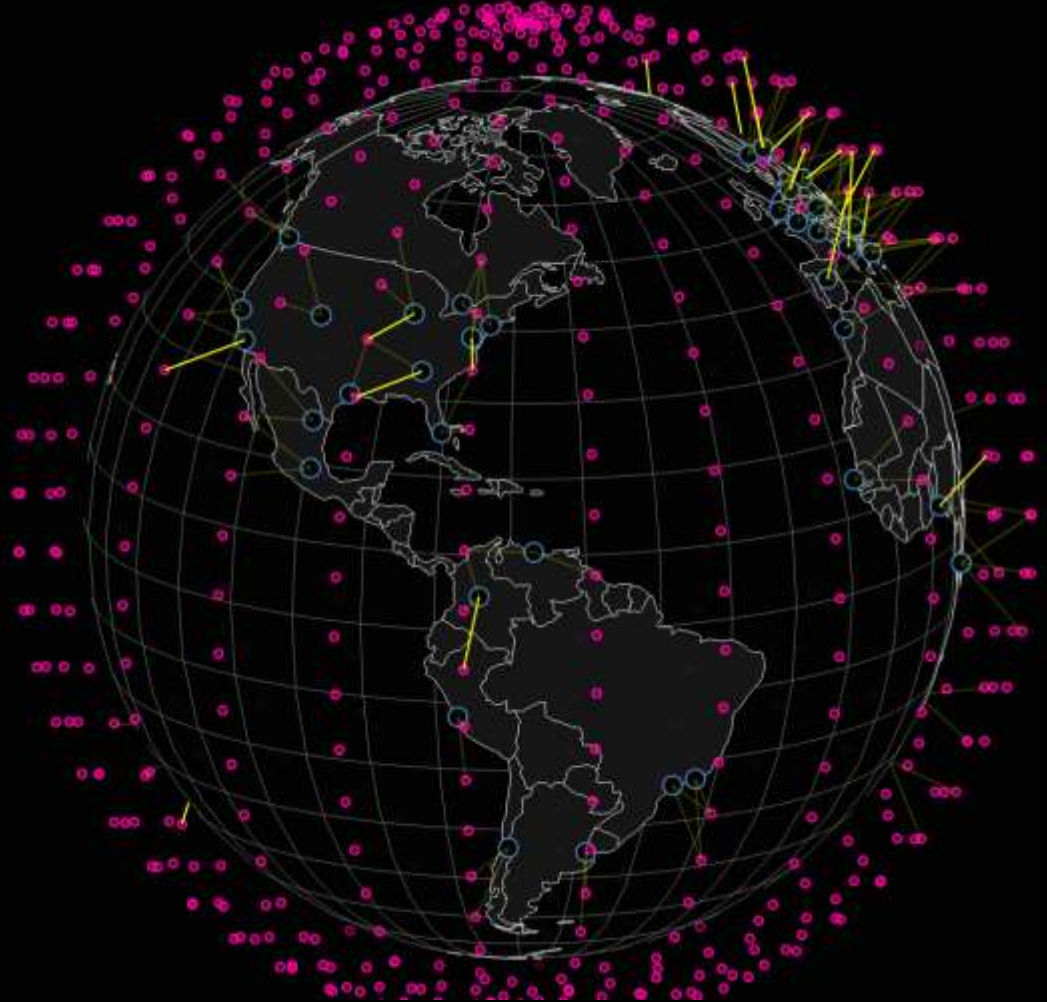
5 – 7 let – pak likvidace v atmosféře

Přenosová kapacita 17 – 23 Gb/s  
- Celkem 32 Tb/s

Nejprve dva testovací satelity

Budování 2019 – 2025

Komunikace družic mezi sebou na  
optické bázi



# Budoucnost – ITS

Snížení nákladů pro let k Marsu

Znovupoužitelnost

Tankování na oběžné dráze

Správné palivo

Kyslíkometanové motory Raptor

42 na prvním stupni

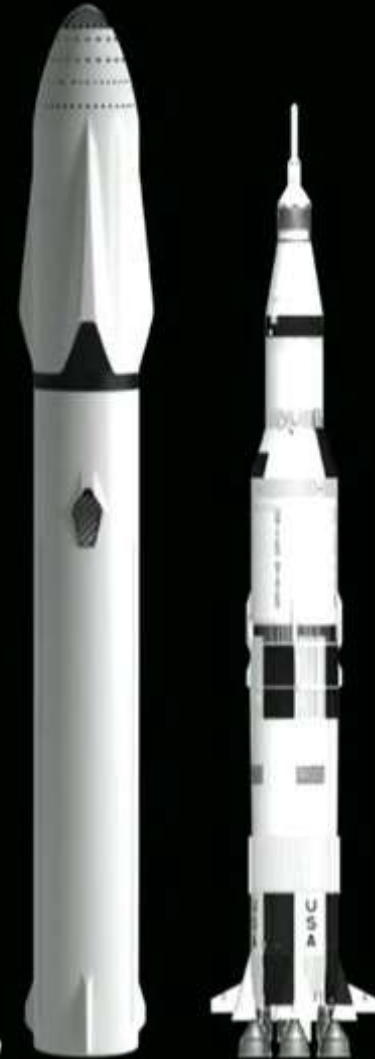
6 na tankeru

9 na meziplanetární lodi

Výroba paliva na Marsu – nikoliv  
jednosměrná cesta

Nejen Mars, ale i jiná tělesa

Otestován motor Raptor i kompozitní  
nádrž



Děkuji Vám za pozornost



Dušan Majer  
dusanmajer87@gmail.com  
www.kosmonautix.cz