زنجیرەی کتێبی زانستی/١٣

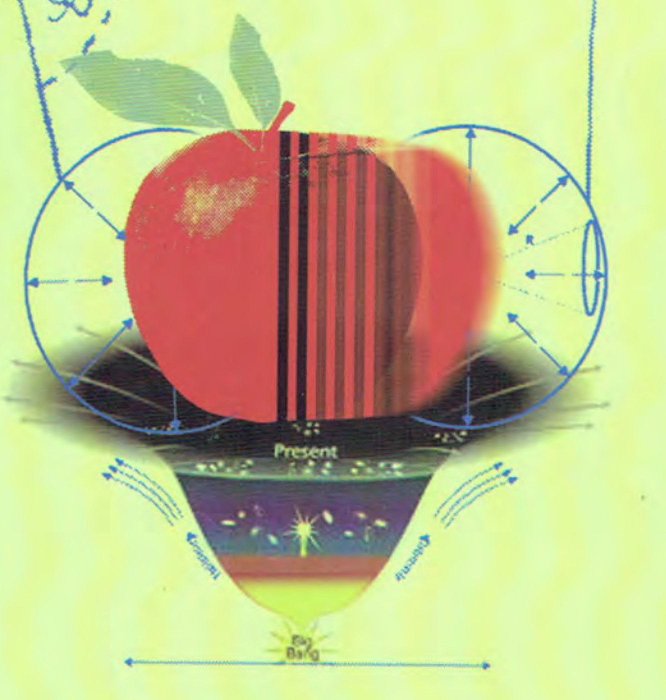
منتدى إقرأ الثقافي
www.iqra.ahlamontada.com

هێزی کێشکردن

تێڕوانینی کلاسیکی و نوێ

جۆرج گامۆڤ

حوسێن حوسێنی
لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی



هێزی کێشکردن

جۆرج گامۆف

غەزەلنووس

هێزی کێشکردن

جۆرج گامۆف

لە زنجیرە بڵاوکراوەکانی

ناوەندی **غەزەلنووس**- بۆ چاپ و بڵاوکردنەوە

زنجیرەی کتێب: **(٢١٠)**

زنجیرەی کتێبی زانستی: (١٣)

هێزی کێشکردن

جۆرج گامۆف

حوسێن حوسێنی

لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی

- بەرگ: باسم ڕەسام
- نەخشەسازیی ناوەوە: غەزەلنووس
- ڕێنووس و هەڵەچنی: غەزەلنووس
- بابەت: زانستی
- چاپ: یەکەم
- چاپخانە: تاران
- تیراژ: ١٠٠٠ دانە
- نرخ: (٤٠٠٠) دینار
- بڵاوکار: ناوەندی **غەزەلنووس**- بۆ چاپ و بڵاوکردنەوە

مافی لەبەرگرتنەوەی بە هەموو شێوەیەک پارێزراوە بۆ ناوەندی غەزەلنووس©

سلێمانی- مەیدانی پاسەکانی تووی مەلیک- نهۆمی زەمینی بازاڕی کتێب

ژمارەی تەلەفۆن: ٠٧٧٠٣٥٧٣٧٥٧

www.xazalnus.com

هێزی کێشکردن

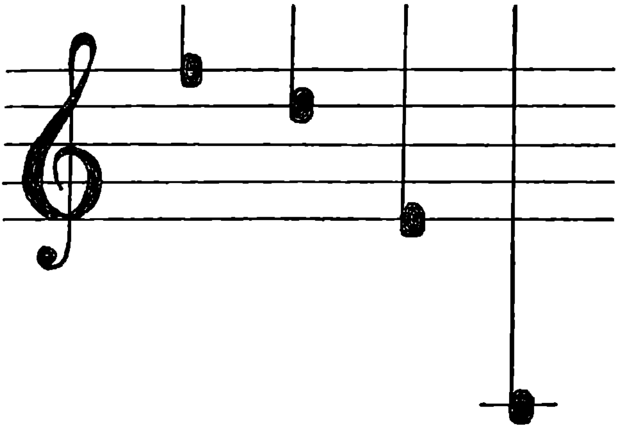
جۆرج گامۆڤ

حوسێن حوسێنی
لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی

چاپی یەکەم
٢٠١٧

پێشکەش بە **کویگ نیوتن**،

کە هەموو کتێبەکانم دەخوێنێتەوە



پێرست

پێشەکیی وەرگێڕ ٩
پێشەکی ١١
بەشی یەکەم: چۆن شتەکان بەر دەبنەوە؟ ١٣
بەشی دووەم: سێو و مانگ ٢٧
بەشی سێیەم: کاڵکەڵەس ٣٧
بەشی چوارەم: سوورگە هەسارەییەکان ٤٩
بەشی پێنجەم زەوی وەک مزراحێکی بەخول ٥٧
بەشی شەشەم: هەڵکشان و داکشانەکان ٦٣
بەشی حەوتەم: سەرکەوتنەکانی میکانیکیی ئاسمانی ٧٥
بەشی هەشتەم: دەربازبوون لە کێشکردن ٨٣
بەشی نۆیەم: تیۆری کێشکردنی ئاینشتایین ٩٣
بەشی دەیەم: پرسە چارەسەرنەکراوەکانی کێشکردن ١١١
کیشکردن و تیۆری کوانتەم ١١٩
دژەکێشکردن ١٢٢
پاشکۆ ١٢٦
بۆچی بەرئەنجامەکانی ئەم تاقیکردنەوەیە گرنگن؟ ١٣٥
سەرچاوەکان ١٤٣

پێشەکیی وەرگێڕ

کێشکردن نزیکترین و هەستپێکراوترین هێزە بە ئێمە، بەڵام لەوانەیە سەرسام بیت ئەگەر بڵێم ئەم هێزە لە دیدی زانستییەوە نەناسراوترین هێزە! چ تیۆرییە کلاسیکییەکان و چ تیۆریە نوێیەکان، هێشتا نەیانتوانیوە بە تەواوەتی و بە پاککراوی پێمان بڵێن ئەم هێزە سەرچاوەکەی چییە و پەیوەندیی لەگەڵ هێزەکانی تری سروشت، وەک هێزی کارۆموگناتیسی و هێزی ناوکی چۆنە.

ئەرستۆ قسەی لەسەر کردووە، **گالیلۆ** تاقیکردنەوەی لەسەر ئەنجام داوە **نیوتن** و **ئاینشتاین** تیۆری تایبەتیان بۆ پێشکەش کردووە. لە ئیمڕۆدا چەندین تیۆری ئاڵۆز و زۆر پێشکەوتووی وەک کێشکردنی کوانتەمی لەسەری هاتووەتە ئاراوە، بەڵام هێشتا ئەم هێزە، کە سەرچاوەی سەرەکیی بوونی ئێمەیە و ڕابردوو و داهاتووی گەردوون شیکار دەکات لێڵترین و نەناسراوترین هێزە. هۆکارەکەی دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی ئەم هێزە لە ئاستی ورد لەچاو هێزەکانی تر، زۆر لاوازە و وەک نەبوو وایە.

لەم کتێبەدا زانا و نووسەری گەورەی ئەمەریکایی-ڕووسی، **جۆرج گامۆف**، دەمانبات بۆ ناو مێژووی لێکۆڵینەوەی زانستی لەسەر ئەم هێزە و هەردوو تێڕوانینی کلاسیکی و نوێمان بۆ دەخاتە ڕوو. تێڕوانینە کلاسیکەکان، هەم تیۆری **نیوتن** و هەم تیۆری **ئاینشتاین**، هەر ئەوەیە ئێستاش هەیە و لەوە ناچێت هەرگیز گۆڕانکاریی بەسەردا بێت. بەڵام تێڕوانینە نوێیەکە لە کاتی نووسینی ئەم کتێبەوە تا بە ئێستا، هەندێک گۆڕانکاریی بەسەردا هاتووە، کە خوێنەر

دەتوانێت پەرەسەندنەکانی دواتر لە کتێبەکانی **هۆکینگ**، کە من و هاوڕێیانم بە نزیکەیی هەموویمان کردووە بە کوردی، بخوێنێتەوە.
بۆیە بە پێویستم نەزانی هیچ پەراوێزێکی بۆ دابنێم، بەڵام بە پێویستم زانی پاشکۆیەک لەسەر دۆزینەوەی شەپۆلی کێشکردن، کە ساڵی ڕابردوو دەنگدانەوەیەکی زۆری هەبوو، لێ زیاد بکەم. ئەم پاشکۆیە، هاوڕێم کاک **ئاکۆ سەمەد** نووسیویەتی و پێشکەش بە وەرگێڕی کردووە، کە ڕاپۆرتێکی تێرۆتەسەلە لەسەر ئەم تاقیکردنەوە مێژووییە، زۆر سوپاسی دەکەم.
لێرەدا پێویستە ئاماژە بەوە بکەم، **گامۆڤ** یەکێکە لە زانا گەورەکانی کوانتەم و لە زۆربەی ڕووداوە زانستییەکانی سەرەتای سەدەی بیستدا ڕۆڵی هەبووە و چەندین کتێبی بۆ بڵاوکردنەوەی کلتووری زانستی بەگشتی و فیزیا بەتایبەتی لە ناو کۆمەڵدا نووسیوە، کە ئەم کتێبە یەکێکیانە. هەڵبەت بە سەرنجدان بەوەی زانست بەردەوام لە گۆڕانکارییدایە، کتێبی زانستی دوای ماوەیەک نوێکردنەوەی پێویستە، بەڵام ئەم کتێبە چونکە بەشی زۆری لەسەر تیۆرییەکانی **نیوتن** و **ئاینشتاین**ە، ئەو نوێکردنەوەی پێویست نییە.
زۆربەی هەرە زۆری ئەو کتێبانەی من کردوومن بە کوردی یان نووسیومن، بەبێ بەکارهێنانی ماتماتیک وەک ئامرازێک بووە. هەرچەند لەم کتێبەدا ماتماتیک هەیە، بەڵام خوێنەرێک کە ئارەزووی لە ماتماتیک نییە، دەتوانێت ئەو بەشانە بەجێ بهێڵێت و نەخوێنێتەوە، بەشەکانی تری کتێبەکە بۆ تێگەیشتنی گشتە و پێویستی بە ماتماتیک نییە.
بۆ تێگەیشتن لەم کتێبە، تۆ پێویستت بەهیچ نییە جگە لە ئارەزوویەکی زانستی و پاشخانێک لە ئاستی خوێندەواریی دواناوەندیدا.

حوسێن حوسێنی
هاوینی ٢٠١٦

پێشەکی

کێشکردن فەرمانڕەوایە لەسەر جیهان، سەد ملیارد ئەستێرەکەی ڕێگەی کاکێشانەکەمانی پێکەوە ڕاگرتووە، زەوی بە دەوری خۆر و مانگ بە دەوری زەویدا دەسووڕێنێتەوە، سێو بە درەختەوە پێی دەگەیەنێت و ناهێڵێت فڕۆکەکان بۆ سەر زەوی بەر ببنەوە. لە مێژووی تێگەیشتن لە کێشکردن لە لایەن مرۆڤەوە، سێ ناوی گەورە هەیە: **گالیلۆ**، کە یەکەم کەس بوو لێکۆڵینەوەی لەسەر بەربوونەوەی سەربەست و ناسەربەست کرد، **ئیسحاق نیوتن**، کە بۆ یەکەم جار کێشکردنی وەک هێزێکی گەردوونی وێنە کرد و **ئالبێرت ئاینشتاین**، کە گوتی کێشکردن هیچ نییە جگە لە چەمانەوەی فەزای چوارڕەهەندی.

لەم کتێبەدا باسی ئەم سێ قۆناغە دەکەین، بەشێک بۆ کارەکانی **گالیلۆ**، بەشێک سەبارەت بە تیۆرییەکانی **نیوتن** و پێشکەوتنەکانی، بەشێکیش تایبەت بە **ئاینشتاین** و بەشێکیش سەبارەت بە گریمانەکانی دوای **ئاینشتاین** سەبارەت بە پەیوەندیی نێوان کێشکردن و دیاردە فیزیاییەکانی تر.

جەختکردنەوە لەسەر کلاسیکەکان لەو ڕاستییەوە دێت، کە تیۆری کێشکردنی گەردوونی، تیۆرییەکی کلاسیکییە. ئەگەری زۆرە پەیوەندییەکی ژێربەژێر لەنێوان هێزی کێشکردن و بواری

کارۆموگناتیسی و تەنۆلکە مادییەکان لەئارادا بێت، بەڵام هێشتا کەس ئەو ئامادەیی نییە بڵێت چ جۆرە پەیوەندییەکە و ڕێگەیەک بۆ پێشگۆیی نییە، بگوترێت کەی و چی پێشکەوتنێکی گرنگ لەم بوارەدا ڕوو دەدات.

بە لەبەرچاوگرتنی پشکی کلاسیکیی تیۆری کێشکردن، نووسەر ناچار بووە کە بڕیارێکی گرنگ لەسەر بەکارهێنانی ماتماتیک بدات. کاتێک **نیوتن** بۆ یەکەم جار وێنەی کێشکردنی گەردوونی کرد، هێشتا ماتماتیک بەو ڕادەیە گەشەی نەسەندبوو، کە پێویستییەکانی ئەنجامە فەلەکییەکانی ئەو پڕ بکاتەوە. هەر بۆیە **نیوتن** ناچار بوو میتۆدی ماتماتیکیی خۆی، کە ئێستا بە کالکەسی جیاکاری و تەواوکاری ناسراوە، زۆرتر بۆ وەڵامدانەوە بەو پرسانەی کە لە تیۆری کێشکردنی گەردوونی بەدەر دەکەوت، بەکار بهێنێت. هەر بۆیە نە تەنیا لە دیدی مێژووییەوە، بەڵکو ژیرانەشە ئەم کتێبە باسێکی لەسەر پرەنسیپی کالکەسی تێدا بێت. ئەو خوێنەرەی توانای ئەوەی هەیە کە لە بەشی سێیەمی کتێبەکەدا، کە لەودا باسی کالکەس کراوە، چڕ ببێتەوە، بێگومان دەتوانێت وەک بنچینەی خوێندنی فیزیا بەکاری بهێنێت. لە لایەکی ترەوە، ئەوانەی ئارەزوویان لە ماتماتیک نییە، بێ ئەوەی لە تێگەیشتنی بابەتەکانی دواتردا تووشی کێشە ببێت، دەتوانێت ئەم بەشە بەجێ بهێڵێت. بەڵام ئەگەر ئارەزووتان لێیە زانستی فیزیا فێر ببن، هەوڵ بدەن لە بەشی سێیەم تێبگەن.

جۆرج گامۆف

زانکۆی کۆلۆرادۆ

١٩٦١\١\١٣

بەشی یەکەم
چۆن شتەکان دەکەونە خوارەوە؟

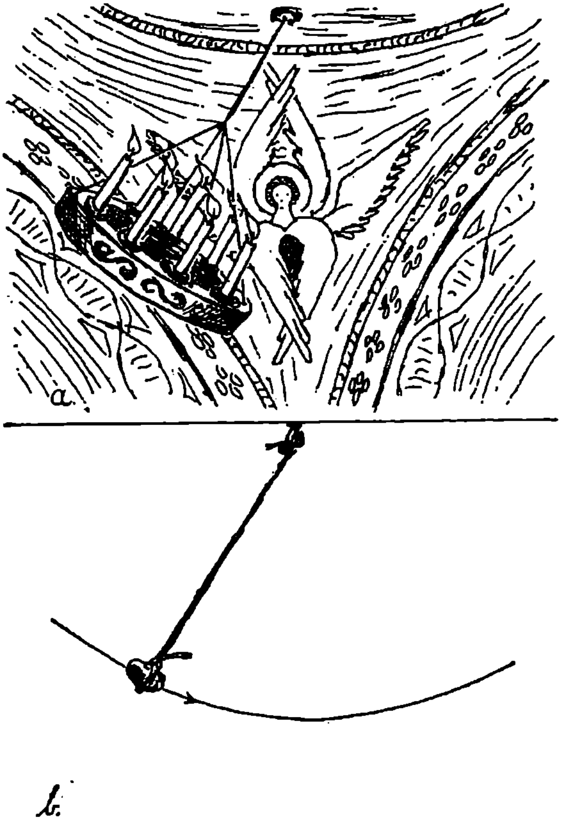
چەمکی سەرەوە و خوارەوە دەگەڕێنەوە بۆ سەردەمانی زۆر کۆن. ئەوەی "هەر شتێک بچێتە سەرەوە دەبێت بکەوێتە خوارەوە"، لەوانەیە لە لایەن مرۆڤێکی نیاندەرتاڵەوە لەسەر شتێک نەخشێندرابێت. لە سەردەمانی زۆر کۆندا، ئەو کاتەی جیهان بە تەختی دادەنرا، سەرەوە، واتە ئاڕاستەی ئاسمان، شوێنی خوداکان بوو. لە کاتێکدا خوارەوە ئاڕاستەیەک بوو بۆ ژێرەوەی جیهان. ئەوەی خودایی نەبوو، ئارەزووە سروشتییەکەی بەربوونەوە بوو، هەروەها فریشتەیەک کە لە ئاسمان بەر دەبووەوە دەبوو بچێت بۆ دۆزەخی ژێرەوە. لەگەڵ ئەوەی ئەستێرەناسە گەورەکانی یۆنانی کۆن، وەک **ئیراتۆسینس** و **ئاریستارکوس**، دڵنیاترین بەڵگەکانیان لەسەر خڕبوونی زەوی پێشکەش کرد، بەڵام واتای سەرەوە و ژێرەوەی فەزایی لە هەموو سەدەکانی ناوەڕاستدا بەردەوام بوو، تەنانەت لەوانەیە گاڵتەیان بە گۆیبوونی زەوی کردبێت. هەڵبەت وایان دەزانی ئەگەر زەوی خڕ بێت، ئەوکات ئەو کەسانەی لەوسەری زەویدان، بەرەوە فەزای بەتاڵی ژێرەوە بەر دەبنەوە و خراپتر لەوەش، ئاوی زەریاکان لەو ئاڕاستەدا هەموو دەڕژێت.

کاتێک **ماجەلان** بە گەشتەکەی بە دەوری زەویدا، بە هەموو کەسێکی سەلماند زەوی خڕە، ئیتر پێویست بوو واتای سەرەوە و خوارەوە

وەک ئاڕاستەیەکی ڕەها لە فەزادا بگۆڕدرێت. وایان دانابوو زەوی لە ناوەڕاستی گەردووندایە، لە کاتێکدا تەنە ئاسمانییەکانی تر بەستراوە بە گۆی کریستاڵی بە دەوریدا دەخولانەوە. ئەم وێنەیە لە گەردوون یان گەردوونناسی دەگەڕایەوە بۆ ئەستێرەناسی یۆنانی، **تۆلەمای** و سەرچاوەکە **ئەرستۆ** بوو. جووڵەی سروشتیی هەموو تەنە ماددییەکان بەرەو ناوەندی زەوی بوو، ئاگری لێ بەدەر، کە هەڵگری شتێکی خودایی بوو، ملکەچی ئەم یاسایە نەبوو و لە کۆتەی گڕگرتووەوە بەرەو سەرەوە دەچوو. بۆ ماوەی سەدان ساڵ فەلسەفەی ئەرستۆیی و قەشەیی بەسەر بیرکردنەوەی مرۆڤدا زاڵ بوو. پرسیارە زانستییەکان بە ئارگیومێنتی دیالکتیکی وەڵام دەدرایەوە (تەنیا بە قسەکردن) و هیچ هۆیەک نەدەدرا بۆ هەڵسەنگاندنی ڕاستی و ناڕاستیی قسەکان لە ڕێگەی تاقیکردنەوەوە. بۆ نموونە، بڕوا وا بوو کە تەنە قورسەکان خێراتر لە تەنە سووکەکان بەر دەبنەوە، بەڵام هیچ بەڵگەیەک لە بەردەستدا نییە پیشانی بدات لەو سەردەمەدا هەوڵێک دراوە بۆ ئەوەی ئەمە تاقی بکرێتەوە. فەیلەسووفەکان بەمە خۆیان لە باسەکە دەدزییەوە، کە بەربوونەوەی سەربەست زۆر خێراتر لەوەیە کە بکرێت بە چاو هەڵبسەنگێندرێت.

یەکەم بەرکەوتنی ڕاستەقینەی زانستی لەگەڵ بابەتی بەربوونەوەی سەربەستدا، دەگەڕێتەوە بۆ زانای ناسراوی ئیتاڵی **گالیلۆ** (١٥٦٤-١٦٤٢)، لە سەردەمێکدا کە زانست و هونەر خەریک بوو لە خەوی تاریکی سەدەکانی ناوەڕاست خەبەری دەبووەوە. بەپێی گێڕانەوەی مێژوو، کە سەرنجڕاکێشە، بەڵام لەوانەیە ناڕاست بێت، هەموو ئەمانە لە ڕۆژێکدا دەستی پێ کرد کە **گالیلۆی** لاو لە *کڵێسەی گەورەی* شاری *پیزا* لە ڕێوڕەسمی نوێژکردندا بەشداریی کردبوو و خەیاڵی سەیری مەنجەڵی مۆمدانە هەڵواسراوەکەی دەکرد. یەکێک لە ئامادەبوان مەنجەڵەکەی بەرەو لای خۆی ڕاکێشا و دوای داگیرساندنی مۆمەکانی، بەرەڵای کرد بۆ ئەوەی بلەرێتەوە. ئەوکات

گالیلۆ بینی کە مەنجەڵەکە بەرەو پاشەوە و پێشەوە دەڕوات (وێنەی ١)، هەروەها بینیی هەرچەند فراوانی لەرەلەرەکان بەرەبەرە کەم دەبێتەوە و بەرەو وەستان دەچێت، بەڵام کاتی لەرینەوە (ماوەی هاتوچۆ) بە یەکسانی دەمێنێتەوە. لەگەڵ گەڕانەوەی بۆ ماڵەوە، بڕیاری دا بە هەڵواسینی بەردێک بە پەتێکەوە و پێوانی ماوەی لەرینەوەکەی، بۆ هۆکاری ئەم بینینە بگەڕێت. بەڵێ ئەو ڕاست بوو؛ کاتی لەرینەوە (پێریۆد) بە نزیکەیی بۆ هەموو لەرینەوەکان، لەگەڵ ئەوەی کورتتر و کورتتر دەبێتەوە، یەک شتە. هزری **گالیلۆ** هزرێکی چالاک بوو، هەر بۆیە دەستی دایە زنجیرەیەک تاقیکردنەوە و بەردی بە کێشی جیاوازەوە دەبەستەوە بە پەتی بە درێژی جیاوازەوە. ئەم تاقیکردنەوانە ئەوی گەیاند بە دۆزینەوەیەکی سەرنجڕاکێش. لەگەڵ کاتی لەرینەوە، پەیوەندیی بە درێژیی پەتەکەوە هەیە (هەرچی پەتەکە درێژتر بێت زیاترە)، هیچ پەیوەندییەکی بە کێشی بەردەکەوە نەبوو. ئەم بینینە بە دڵنیاییەوە دژ بەو باوەڕە بوو کە تەنی قورس خێراتر لە تەنی سووک بەر دەبێتەوە. ڕوونە جووڵەی پەندۆل هیچ نییە جگە لە بەربوونەوەی سەربەستی تەنێک، کە لەو ئاڕاستە ستوونییەی کە بە هۆی پەتێکەوە بۆی دانراوە، لا دەدرێت و لەسەر کەوانی بازنەیەک کە ناوەندەکەی خاڵی هەڵواسینەکەیە، دەجووڵێت (وێنەی ١).



وێنەی ١: مەنجەڵێکی مۆم (a) و بەردێک و پەتێک (b)، بە هەمان کاتەلەرەوە دەلەرنەوە، ئەگەر پەتی هەڵواسینەکەیان بە یەک درێژی بێت

ئەگەر تەنی سووک و قورسی هەڵواسراو، بە پەتی هاودرێژی، کە بە یەک ڕادە لە دۆخی هاوسەنگی لا دراون، لە کاتی یەکساندا دەگەڕێنەوە بۆ دۆخی هاوسەنگی خۆیان، دەبێت کاتێکیش پێکەوە بەر دەبنەوە، هاوکات بگەن بە زەوی. بۆ سەلماندنی ئەم ڕاستییە، بە لایەنگرانی قوتابخانەی ئەرستۆیی، **گالیلۆ** بە تەلاری *لاری پیزا*دا (یان

تەلاریکی تر) هەڵگەڕا (یان لەوانەشە یەکێک لە خوێندکارەکانی ناردبێت) و دوو تەن، یەکێکیان سووک و ئەوی تریان قورس، پێکەوە بەر دایەوە. ئەم دوو تەنە پێکەوە گەیشتنە سەر زەوی و دژەبەرەکانی **گالیلۆ** سەریان سووڕما (وێنەی ٢).
بە ڕواڵەت، هیچ بەڵگەیەکی فەرمی سەبارەت بەم تاقیکردنەوەیە لەئارادا نییە، بەڵام بەڕاستی *گالیلۆ* کەسێک بوو کە دۆزییەوە خێرایی بەربوونەوەی تەنەکان سەربەخۆیە لە بارستاییەکەیان. ئەم گوتەیە دواتر بە تاقیکردنەوەی ورد زۆر جار سەلمێندرا و دووسەد و حەفتاودوو ساڵ دوای مردنی **گالیلۆ**، **ئاینشتاین** وەک بنچینەی تیۆری ڕێژەیی هێزی کێشکردن بەکاری هێنا، کە دواتر هەر لەم کتێبەدا باسی دەکەین.
بە ئاسانی دەکرێت تاقیکردنەوەی **گالیلۆ** بەبێ سەردانکردنی شاری *پیزا* ئەنجام بدرێت؛ بۆ ئەم کارە، پارەیەکی ئاسان و پارچەیەک کاغەز پێکەوە لە بەرزییەکەوە بەر بدەنەوە، پارە ئاسنەکە زووتر دەگات بە زەوی، بەڵام ئەگەر بۆرییەکت هەبێت، کە لە هەوا بەتاڵ کراوەتەوە، دەبینی پارە ئاسنەکە، پارچەیەک کاغەز و پەڕێکی سووک، هەموویان بە یەک خێرایی دەکەونە خوارەوە.

وێنەی ٢: گالیلۆ لەسەر تەلارە لارەکەی پیزا

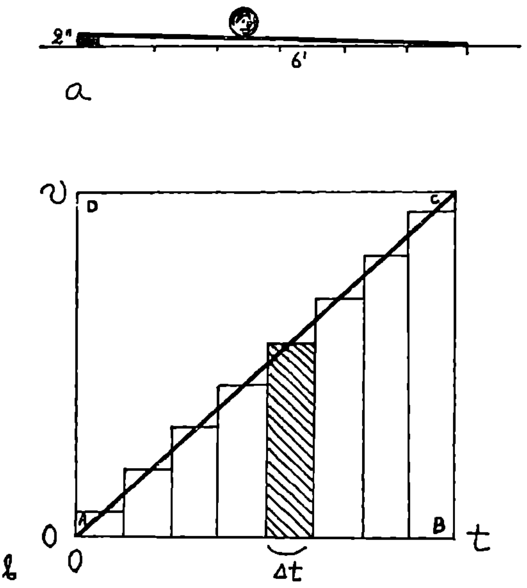
قۆناغی دواتری توێژینەوەی **گالیلۆ** لەسەر بەربوونەوەی تەنەکان، دۆزینەوەی پەیوەندیی ماتماتیکی لەنێوان ماوەی پێویست بۆ بەربوونەوە و مەودای پێوراو لە کاتی بەربوونەوەدا. بە هۆی ئەوەی خێرایی لە بەربوونەوەی سەربەستدا بە ڕادەیەکە، کە بینینی وردەکارییەکانی بە هۆی چاوەوە مومکین نییە و هەروەها بە هۆی ئەوەی **گالیلۆ** ئامراز و ئامێری نوێی وەک کامێرای تۆمارکردنی فیلمی نەبوو، هەوڵی دا بە ڕێگەیەک هێزی کێشکردن تراو بکاتەوە. بۆ ئەم کارە، گلۆڵەگەلێکی کە لە مادەی جۆربەجۆر دروست ببوون، لەسەر

لێوارێکی لێژ دانا، تا لەجیاتیی ئەوەی بە سەربەستی و بە شێوەی ستوونی بەر ببنەوە، لە ئاڕاستەی ڕووبەرێکی لێژدا بجووڵێن. ئەو بە دروستی لای وا بوو، چونکە ڕووبەری لێژ پاڵدانەوەیەکی ڕێژەیی بۆ تەنە قورسەکان، کە لەسەری دانراون، دروست دەکات، جووڵەی بەرهەمهاتوو دەبێت هاوشێوەی بەربوونەوەی سەربەست بێت، بەو جیاوازییەوە ماوەی بەربوونەوە لە بەرزییەکی دیاریکراوەوە، بە ڕێژەیەک کە بەندە لەسەر لاریی ڕووبەرەکە، زیاد دەبێت. بۆ پێوانی کات، گالیلۆ کاتژمێرێکی ئاوی بەکار هێنا و کاتەکەی لە ڕووی بڕی ئاوێک، کە لە مەودا جۆربەجۆرەکاندا لە کاتژمێرەکەوە دەڕژا، دەدۆزییەوە. **گالیلۆ** شوێنی جیاوازیی تەنەکانی لە ماوەی یەکساندا لەسەر ڕووبەرە لێژەکەدا دەستنیشان کرد. تۆش دەتوانی تاقیکردنەوەکەی **گالیلۆ** دووبارە بکەیتەوە و ئەو ئەنجامانە بەدەست بهێنیتەوە (چونکە نووسەر بۆ خۆی تاقیگەر نییە، ناتوانێت بەپێی ئەزموونی خۆی بڵێت ئەنجامدانی تاقیکردنەوەی **گالیلۆ** تا چ ڕادەیەک ئاسانە، بەڵام لە سەرچاوەی جۆربەجۆرەوە بیستوویەتی ئەنجامدانی ئەم تاقیکردنەوەیە زۆر ئاسان نییە و پێشنیاز دەکات، کە خوێنەری ئەم کتێبە توانایی خۆی لە ئەنجامدانیدا تاقی بکاتەوە).

مقەبایەکی ساف بە درێژیی ٦ پێ (١ فووت یەکسانە بە ٣٠,٤٨ سانتیمەتر) پەیدا بکە، سەرێکی بە ڕادەی ٢ ئینچ (١ ئینچ یەکسانە بە ٢,٥ سانتیمەتر) لەسەر مێزەکە یان سەر زەوی بەرز بکەرەوە و لە ژێرەکەیدا دوو کتێب دابنێ (وێنەی ٣، a). لاریی (سلۆپ) مقەباکە بریتی دەبێت لە $\frac{٢}{٧٢ \times} = \frac{١}{٣٦}$ و ئەمە هەمان هاوکۆلکەیە، کە بەگوێرەی ئەو، هێزی کێشکردنی کاریگەر لەسەر تەنەکە کەم دەبێتەوە. ئێستا لوولەکێکی کانزایی بێنە پێشچاوی خۆت و سەربەستانە لەسەر ڕووبەری مقەباکە لەسەرەوە بەری بدەنەوە. گوێ لە کاتژمێرێکی دەنگدار یان میترۆنۆم بگرن و شوێنی لوولەکەکە لە کۆتایی هەموو

چرکەکانی یەکەم، دووەم، سێیەم، چوارەم و پێنجەم دیاری بکەن. (تاقیکردنەوەکە دەبێت چەندین جار دووبارە بکرێتەوە، تا ئەم شوێنانە بە دروستی بدۆزرێنەوە) بەپێی ئەم بارودۆخە مەودا یەک لە دوای یەکەکان لەسەر مقەباکەوە بۆ کۆتایی بریتی دەبێت لە ٠,٥٣، ٢,١٤، ٤,٨٢، ٨,٥ و ١٣,٠ ئینچ. دەبینین، هەروەک چۆن **گالیلۆ**ش بینیبووی، مەودا پێوراوەکان لە کۆتایی چرکەی دووەم، سێیەم، چوارەم و پێنجەم، بە ڕیز ٤،٩،١٦ و ٢٥ جارەی مەودای پێوراوی چرکەی یەکەمە. ئەم تاقیکردنەوە دەیسەلمێنێت، کە خێرایی لە بەربوونەوەی سەربەستدا بە شێوەیەک دەگۆڕێت کە مەودا پێوراوەکان لە لایەن تەنی بەجوولەوە، بەگوێرەی دووجای ماوەی جوولەکە بێت

($٢^{٢}$ = ٤، $٣^{٢}$ = ٩، $٤^{٢}$ = ١٦، $٥^{٢}$ = ٢٥).



وێنەی٣: (a) لوولەیەکی بەجوولە لەسەر ڕووبەرێکی لێژ، (b) شێوازی گالیلۆ بۆ تەواوکاری

هەر ئەم تاقیکردنەوەیە، جارێک بە لوولەکی دارین و جارێکی تر بە لولەکێکی هێواشتر وەک تەپەتۆر دووبارە بکەنەوە، ئەوکات دەبینن ماوە کاتییە پشتەسەر یەکەکان بە نەگۆڕی دەمێنێتەوە.

کێشەکەی **گالیلۆ** بریتی بوو لە دۆزینەوەی یاسای گۆڕانی خێرایی بەگوێرەی کات، گۆڕانی خێراییەک کە پەیوەندیی لادان-کاتی سەرەوە بە هۆی ئەوەوە بوو. **گالیلۆ** لە کتێبی *دەربارەی دوو زانستی نوێ* دەنووسێت، کاتێک لادانەکان بەگوێرەی دووجای کات دەگۆڕێن، کە خێرایی گرێدراو بە کاتەوە بگۆڕێت. لە وێنەی ٣ (b)، وێنەیەکی تا ڕادەیەک نوێمان لە ئارگیومێنتی **گالیلۆ** پیشان داوە. هێڵکارییەک لە پێشچاو بگرە، کە لەودا خێرایی جوولە (v) بەگوێرەی کات (t) کێشراوە. ئەگەر v ڕاستەوخۆ گرێدراو لەگەڵ tدا بێت، هێڵێکی ڕاستمان دەست دەکەوێت، کە لە 0;0 و بۆ t;v دەکێشرێت. ئێستا ئەگەر مەودای کاتی نێوان 0 و t، بۆ ماوەی کاتی زۆر کورت دابەش بکەین و هێڵە ستوونییەکانی پیشاندراو لە وێنەکەدا بکێشین، تا ژمارەیەک لاکێشەی درێژ و باریک دروست ببێت.

ئێستا دەتوانین لێژیی کەمی جوولەکە بکەین پێ پلیکانێک، کە جوولەیەکی ناڕێکوپێک پیشان بدات، کە لەودا خێرایی لەپڕ تۆزێک دەگۆڕێت و ماوەیەک بە نەگۆڕی دەمێنێتەوە و لە پلیکانی دواتردا کەمێک دەگۆڕێت. هەر کاتێک مەودا کاتییەکان بەرەبەرە بچووکتر و بچووکتر بکەینەوە و ژمارەکەی زیاتر بکەین، جیاوازیی نێوان لێژیی هێواش و پێ پلیکانەکە بەرەبەرە کەمتر دەبێتەوە تا جێگەیەک ئەگەر زیادبوونی دابەشکردنەکان ببێت بە بێکۆتایی، جیاوازی نەمێنێت.

لە هەموو مەودایەکی کاتی بچووکدا، وا دەنرێت کە خێرایی لە ماوەدا نەگۆڕ بووە و لادانەکە بریتیی بووە لە کەرەتکردنی خێرایی لە ماوە کاتییەکە. بەڵام چونکە خێرایی یەکسانە بە بەرزیی لاکێشە باریکەکان و مەودای کاتی یەکسانە بە بنکەکەی ئەوان، ئەم کەرەتکردنە یەکسان دەبێت بە ڕووبەری لاکێشەکە.

بەپێی هەمان ئارگیومێنت، بۆ هەر کام لە لاکێشەکان، دەگەین بەو ئەنجامەی کە مەودای گشتیی پێوراو لە ماوەی کاتی o,t، یەکسانە بە ڕووبەری پلیکانەکە، یان بە نزیکەیی ڕووبەری سێگۆشەی ABC، بەڵام ئەم ڕووبەرە نیوەی ڕووبەری لاکێشەی ABCDیە، کە خۆی یەکسان بوو بە کەرەتکردنی بنکەی t کەرەتی بەرزی V. هەر بۆیە دەتوانین بۆ ڕووبەری پێوراو لە ماوەی کاتی tدا وا بڵێین:

$$s = \frac{1}{2}vt$$

کە لێرەدا V بریتییە لە خێرایی لە کاتی tدا، بەڵام بەگوێرەی گریمانەکە، V ڕاستەوخۆ گرێدراوە بە tوە بە شێوەیەک:

$$v = at$$

کە لەودا a بریتییە لە بڕێکی نەگۆڕ، کە پێی دەگوترێت تاودان یان ڕێژەی گۆڕینی خێرایی. بە لێکدانی ئەم دوو فورمولە دەتوانین بنووسین:

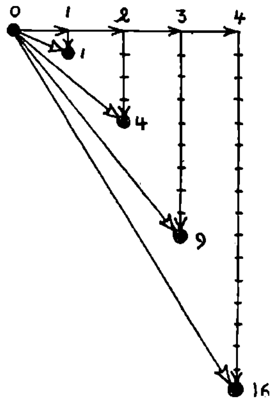
$$s = \frac{1}{2}at^2$$

کە دەیسەلمێنێت لادان بەگوێرەی کات دەگۆڕێت.

شێوازی دابەشکردنی وێنەیەکی ئەندازەیی دیاریکراو بە بەشگەلێکی زۆر بچووک، سەرنجدان بەوەی بە زیادکردنی ئەم بەشانە تا ئەو جێگەیەی ژمارەکەی ببێت بە بێکۆتایی گەورە و ڕووبەرەکەی ببێت بە بێکۆتایی بچووک، چی ڕوو دەدات، کارێکە کە لە سەدەی سێی پێش زایین، لە لایەن ماتماتیکی یۆنانی، **ئەرخمیدس**ەوە لە شیتەڵکردنی قەبارەی قووچەک و تەنە ئەندازەییەکانی تردا ئەنجام درا، بەڵام **گالیلۆ** یەکەم کەس بوو ئەم ڕێگەیەی لە دیاردە میکانیکییەکاندا بەکار هێنا و لە ئەنجامدا سیستەمێکی بونیاد نا، کە دواتر **نیوتن** کردی بە یەکێک لە گرنگترین لقەکانی زانستی ماتماتیک.

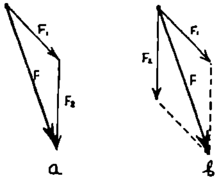
یارمەتییەکی تری **گالیلۆ** بۆ زانستی ساوای میکانیک، دۆزینەوەی پرەنسیپی سەریەککەوتنی جووڵە (Superposition of Motion) بوو. ئەگەر بەردێک لە ئاراستەی هێڵێکی ڕێکدا بجووڵێت و هێزی کێشکردن لەئارادا نەبێت، بەردەکە لە ئاراستەی هێڵێکی ڕاستدا دەجووڵێت، هەروەک چۆن تۆپێکی بیلیارد لەسەر مێزێک دەجووڵێت. لە لایەکی ترەوە هەر کاتێک بەردەکە بە شێوەی سەربەست لەسەرەوە بەر بدەینەوە، بەو خێراییەی کە باسمان کرد، دەگات بە زەوی. لە ڕاستیدا، لێرەدا سەریەککەوتنی دوو جووڵە لەئارادیە: بەردەکە بە خێرایی نەگۆڕی ئاسۆیی دەجووڵێت و لە هەمان کاتیشدا بە جووڵەیەکی تاودراو بەر دەبێتەوە.

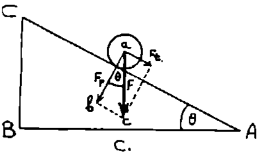
هێڵکاریی ئەم بارودۆخە لە وێنەی ٤دا پیشان دراوە، کە لەودا تیرەئاسا (Arrow) ژمارەدارەکانی ئاسۆیی و ستوونیی لادانەکانی ئەم دوو جۆرە لە جووڵە پیشان دەدات. شوێنی بەردەکە لە ئەنجامی ئەم دوو جووڵەیە، دەکرێت بە تیرەئاسای بەرئەنجام (سەرسپییەکە) پیشان بدرێت، کە بەرەبەرە درێژتر دەبێتەوە و بە دەوری خاڵی سەرەتادا دەسووڕێتەوە.



وێنەی ٤: ئاوێتەیەک لە جووڵەی ئاسۆیی بە خێرایی نەگۆڕ و جووڵەی ستوونی بە تاودانی نەگۆڕ

ئەم تیرەئاســـایانە، کە شــوێنە یەک لە دوای یەکەکــانی تەنێکــی بەجــووڵە بەگــوێرەی خـــاڵی ســـەرەتا پیشـــان دەدەن، ئاڕاســـتەبڕەکانی لادانیـــان (Displacement Vector) پێ دەگوترێت و بە هەردوو درێژی و ئاڕاستە لە فەزادا دیاری دەکرێن. هەر کاتێک تەنێک چەند جار یەک لە دوای یەک لا بدات و هەر لادانێک بە ئاڕاستەداریی تایبەت بە خۆی پیشان بدرێت، شوێنی کۆتایی دەکرێت بە ئاڕاستەبڕێک پیشان بدرێت، کە کۆی ئاڕاستەبڕەکانی لادانە. تەنیا هەر تیرەئاسایەک بەدوای ئەوی تردا وەها بکێشن، کە لە کۆتایی تیرەئاسای پێشووەوە دەستی پێ کردبێت (وێنەی ٤)، هەروەها کۆتایی تیرەئاسای کۆتایی بە هێڵێکی ڕێک ببەستنەوە بە سەرەتای تیرەئاسای یەکەمین. بە نموونەیەکی ئاسایی، دەکرێت بڵێین فڕۆکەیەک کە لە *هەڵەبجە*وە دەچێت بۆ *سلێمانی* و لە *سلێمانی* بۆ کەرکووک و لە کەرکووکەوە بۆ *هەولێر*، دەکرێت ڕاستەوخۆ لەسەر هێڵێکی ڕاست بڕوات بۆ *هەولێر*. ڕێگەیەکی تر بۆ کۆکردنەوەی دوو ئاڕاستەبڕ، بریتییە لەوەی هەردوو تیرەئاساکە لە یەک خاڵەوە بکێشین و لەسەر دوو ئاڕاستەبڕەکە لاتەریبێک دروست بکەین و تیرەکەی وەک وێنەی ٥، a و b بکێشین. بە بەراوردی ئەم دوو ڕێگەیە، بە ئاسانی دەبینین هەردووکیان بە یەک ئەنجام دەگەن.





وێنەی٥: وێنەی a و b دوو ڕێگەی بۆ کۆکردنەوەی ئاڕاستەبڕەکان، c هێزە کاریگەرەکانی سەر لوولەکێک لەسەر ڕووبەڕێکی لێژ

ئایــدیای ئاڕاســتەبڕەکان و کۆکردنەوەیــان، دەکرێــت بــۆ هێنــدەی میکانیکی تر، کە ئاڕاستەیەکی دیاریکراویان لە فەزادا هەیە، پەرە پێ بدەین. کەشتییەک لە بەرچاو بگرە، کە لەسەر ڕێگەیەک لە باکووری خـۆرهەڵاتەوە چەنـد میلێـک ڕێـگە دەبڕێـت و کەشـتیوانێک لەسـەر ڕووبەڕەکەی لە شـوێنی بەڕێکەوتـن تـا بەنـدەرەکە، بە خێرایـی چەنـد مەتـــر لە خولەکـــدا ڕادەکـــات. هەردوو جـــووڵەکە دەکرێـــت بە تیرەئاســـاگەلێک پیشـــان بـــدرێت، کە لە ئاڕاســـتەی جـــووڵەدان و درێژییەکەیــان بەگــوێرەی بــڕی خێــراییەکەیە (کە هەڵــبەت دەبێــت هەردووکیــان بە یەک یەکە پیشــان بــدرێت). خێرایــی کەشــتیوانەکە بەگوێرەی ئاوی زەریاکە چەندێکە؟ ئەوەی کە دەکرێت ئەنجام بدرێت، بــریتییە لەوەی کە دوو ئاڕاســتەبڕی خێــراییەکە بەگــوێرەی ڕێســای سەرەوە، پێکەوە کۆ بکەینەوە، واتە تیرەی لاتەریبێک بدۆزینەوە، کە لاکانی بریتییە لە دوو ئاڕاستەبڕی سەرەکی.

هێزەکانیش دەکرێت بە ئاڕاستەدار دیاری بکرێن، کە ئاڕاستەی هێز و بڕەکەی پیشان دەدات.

بۆ نموونە، ئاڕاستەبڕی هێزی کێشکردن (Gravity Force)، کە کار دەکاتە سەر تەنێک لەسەر ڕووبەرێکی لێژ (وێنەی ٥، c). هەڵبەت ئەم ئاڕاســتەبڕە لە ئاڕاســتەی ســتوونی بەرەوخــوارەوەیە، بەڵام ئەگەر شێوازی کۆکردنەوەی ئاڕاستەبڕەکان بە شێوەی پێچەوانە لەبەرچاو بگـرین، دەکرێـت وەک کـۆی دوو یـان چەنـد ئاڕاســتەبڕ بێـت، کە لە ئاڕاســتەگەلێکی دیــاریکراودان. لە نموونەیەکــدا، کە بــاس کــرا دوو ئاڕاستەبڕمان پێویستە، کە یەکێکیان لە ئاڕاستەی ڕووبەرە لێژەکەدا بێـت و ئەوی تـر سـتوون بێـت لەسـەری، وەک لە وێـنەکەدا پیشــان دراوە. دەبینــــین کە سێگۆشــــە، گۆشەوەســـــتانی ABC و abc (بەرهەمهــاتوو لە ئاڕاســتەبڕەکانی F، F_r و F_t) لێکچــوون، چــونکە گۆشــەکانی A و a لەوانــدا یەکســانە. بەگــوێرەی ســەلمێندراوەکانی ئەندازە:

$$\frac{F_2}{F} = \frac{BC}{AC}$$

هەروەها ئەم هاوکێشە قسەکانمان دەربارەی تاقیکردنەوەکەی **گالیلۆ** لەسەر ڕووبەڕیکی لێژ، پشتڕاست دەکاتەوە.

بە بەکارهێنانی داتاکانی تاقیکردنەوەی ڕووبەرێکی لێژ، دەکرێت تاودانی بەربوونەوەی سەربەست بدۆزرێتەوە، کە لە سیستەمی مەتریک یەکسانە بە ٩٨١ cm/s^2 و لە سیستەمی بەریتانی دەبێت بە 32.2 واتە، هاوتاکەی (تۆ لەوانەیە زۆرتر لەگەڵ 386.2 $inches/sce^2$ پێ لە چرکەدا ئاشنا بیت، بێگومان خوێنەری کورد زۆرتر لەگەڵ (9.8cm-----9.8m). ئەم هێندە بەپێی پانیی جوگرافی لەسەر گۆی زەوی و بەرزی لە ئاستی دەریاوە، دەگۆڕێت.

بەشی دووەم
سێو و مانگ

چیرۆکــی دۆزینـــەوەی یاســـای کێشــکردنی گەردوونـــی لە لایەن **نیــوتن**ەوە، بە ســـەرنجدان بە ســێوێک کە لە درەختێــک دەکەوێــتە خوارەوە (وێنەی ٦)، لەوانەیە بە هەمـان ڕادەی چیرۆکی سـەرنجدانی **گالیلۆ** بە مەنجەڵی مۆمەکانی هەڵواسراو بە بنمیچی *کڵێسـەی گەورەی پیــزا*، یــان بەردانەوەی بەردەکـــان لەســـەر تەلارە لارەکەی *پیــزاوە* ئەفسانەیی بێت، بەڵام ئەم چیرۆکە ڕۆڵی سێو لە ئەفسـانە و مێژوودا زیاد دەکات. بەڕاستی سێوەکەی **نیوتن** لەگەڵ سێوەکەی **حەوا**، کە بە هۆیەوە لە بەهەشـت دەرکرا، هەروەهـا سـێوەکەی *پاریس*، کە جەنگـی *تـرۆی* لـێ کەوتەوە، یـان سـێوەکەی **ویلیام تێل**، کە لە دروسـتبوونی یەکێـک لە پـایەدارترین و ئاشــتیخوازترین وڵاتەکـانی جیهـان ڕۆڵــی هەبوو، هەموویان لەیەک شوێندا جێ دەگرن.

وێنەی ٦: ئیسحاق نیوتن لە کێڵگەی لینکۆلنشایەر

بێگومان کاتێک **ئیسحاق نیوتن**ی بیستوسێ ساڵان بیری لە سروشتی کێشکردن (Gravity) دەکردەوە، بە ڕادەی پێویست کاتی هەبوو سەیری ئەو سێوانە بکات، کە لە درەختەکان دەکەونە خوارەوە. لەو کاتەدا، ئەو لە گوندێکی *لینکلنشیر* دەژیا، بۆ ئەوەی بەدوور بێت لە نەخۆشیی تاعوون، کە لە ساڵی ١٦٦٥دا لە *لەندەن* بڵاو ببووەوە و *زانکۆی کەمبریج*ی داخستبوو. لە نووسینەکانیدا **نیوتن** ئاوا دەڵێت: "لەم ساڵەدا بیرم لەوە کردەوە کە کێشکردن بۆ سووڕانەوەی مانگ بەکار بهێنم و هێزی پێویست بۆ هێشتنەوەی مانگ لە سووڕگەکەیدا بەراورد بکەم لەگەڵ هێزەکانی کێشکردن لەسەر ڕووبەری زەوی." ئارگیومێنتەکەی ئەو لەم بارەوە کە دواتر لە کتێبی *پرەنسیپی ماتماتیکیی فەلسەفەی سروشتی*دا نووسراوە، بە نزیکەیی ئاوایە: ئەگەر لە لوتکەی کێویکەوە گوللەیەک لە ئاراستەی ئاسۆییدا بهاوێژین، دەرئەنجام جووڵە لە دوو جووڵە پێک دێت: جووڵەیەکی ئاسۆیی بە خێرایی سەرەتایی لە کاتی دەرچوونی گوللەکە و بەربوونەوەیەکی سەربەست لەژێر کاریگەریی هێزی کێشکردن. لە ئەنجامدا لە ئاوێتەی ئەم دوو جووڵەویەوە، گوللەکە ڕێچکەکەیەکی

پارابۆلایی دەپێوێت. ئەگەر زەوی تەخت بوایەت، لە هەرحاڵدا گوللەکە دەکەوت لە زەوی، بەڵام لە شـــوێنێکی زۆر دوورتـــر لە شـــوێنی هاوێشـتنەکە. بەڵام چـونکە زەوی خـڕە، ڕووبەڕەکەی بـۆ گـوللەکە چەمـاوەیە و لە خێراییەکـی دیـاریکراوی کۆتـایی، ڕێچکـەی چەمـاوەی گـوللەکە هەمـان ڕوخسـاری چەمـاوەی زەویـی دەبێـت. لە ئەنجامـدا، ئەگەر بەرگریی هەوا بوونی نەبێت، گوللەکە هەرگیز ناگات بە زەوی و لە بەرزییەکـی نەگـۆڕدا بەردەوام بە دەوری زەویـدا دەسـووڕێتەوە. یەکەمـین تیـۆر بـۆ مـانگی دەسـتکرد، هەر ئەم ئەم تیـۆرییە بـووە و **نیوتن** بە وێنەیەک بەرجستەی کردووە کە زۆر لەو وێنانە دەچێت لە گوتـارە ئاسـاییەکاندا سـەبارەت بە مووشـەک و مـانگە دەسـتکردەکان دەیبینـین. هەڵبـەت مـانگە دەسـتکردەکان لەسـەر لـوتکەی کێوەکـانەوە ناهـاوێژرێن، بەڵام سـەرەتا بە نزیکەیـی لە ئاڕاسـتەی سـتوونیدا بەرەو دەرەوەی بەرگەهەوای زەوی دەنێـردرێن و لە دواییـــدا خێراییەکـــی ئاســـۆیی پێویســـت بـــۆ جـــووڵەی بەســـووڕی پـــێ دەدرێـــت. بە لەبەرچاوگرتنی جووڵەی مانگ وەک بەربەبوونەوەیەکی بەردەوام کە هەمیشـــە لە زەوی دوور دەکەوێـــتەوە، **نیـــوتن** تـــوانیی ئەو هێـــزی کێشـــکردنەکەی کـــار دەکـــاتە ســـەر مانـــگ، هەژمـــار بکـــات. ئەم هەژمارکردنە تا ڕادەیەک بە شێوەیەکی نوێ، بەم شێوەیە بووە:

وای دابنـێ مانـگ لەسـەر ڕێچکەیەکـی بـازنەیی بە دەوری زەویـدا دەسـووڕێتەوە (وێـنەی ٧). شـوێنەکەی لە کـاتێکی دیـاریکراودا M و خێراییەکەی ستوونە لەسـەر نیوەتیرەی سووڕگەکەی و بە v پیشـان دەدرێت. ئەگەر مانگ لە لایەن زەوییەوە ڕانەدەکێشـرا، لەسـەر هێڵێکی ڕاست دەجووڵا و دوای مـاوەی بچـووکی Δt دەگەیشـتە شـوێنی M'، بە شـێوەی $\overline{MM'} = v\Delta t$. بەڵام لە جـووڵەی مانگدا، جـووڵەیەکی تریش هەیە، کە ئەویش بریتییە لە بەربوونەوەکەی بەرەو زەوی. هەر بـۆیە ڕێچـکەی مانـگ دەچەمێـتەوە و لەجیـاتیی ئەوەی بگـات بە شوێنی M' دەگات بە شوێنی M'' لەسەر ڕێچکە بازنەییەکەی خۆی و

$M'M''$ ئەو مەودایە دەبێت کە مانگ لە ماوەی کەمی Δt بەرەو زەوی بەر بووەتەوە. ئێستا سێگۆشەی گۆشە ڕاستی EMM' لەبەرچاو بگرە و سەلەمێندراوی فیساگۆرسی بۆ بەکار بهێنە، کە بەم شێوەیە:

$$(\overline{EM''} + \overline{M''M})^2 = \overline{EM}^2 + \overline{MM'}^2$$

یان

$$\overline{EM''}^2 + 2\overline{EM''}.\overline{M''M} + \overline{M''M} = \overline{EM}^2 + \overline{MM'}^2$$

چونکە $\overline{EM} = \overline{EM''}$، ئەگەر هەردوو لای هاوکێشەکە بەسەر $2\ EM$دا دابەش بکەین، دەگەین بەم ئەنجامە:

$$\overline{M''M'} + \frac{\overline{M''M'}^2}{2\overline{EM}} = \frac{\overline{MM'}^2}{2\overline{EM}}$$

ئێستا باسێکی گرنگ دێتە پێش: ئەگەر ماوە کاتییەکان بەرەبەرە بچووک بێتەوە، $\overline{M''M'}$ بەرەبەرە بچووکتر دەبێتەوە و هەردوو ڕستەکەی لای چەپی هاوکێشەکە بەرەبەرە بە سفر نزیک دەبنەوە. بەڵام چونکە ڕستەی دووەم هەڵگری توان دووی $\overline{M''M'}$ە، خێراتر لە ڕستەی یەکەم بە سفر نزیک دەبێتەوە، لەڕاستیدا ئەگەر $\overline{M''M'}$ ئەم برانە لەخۆ بگرێت:

$\frac{1}{10}$ و $\frac{1}{100}$ و $\frac{1}{1000}$ و...

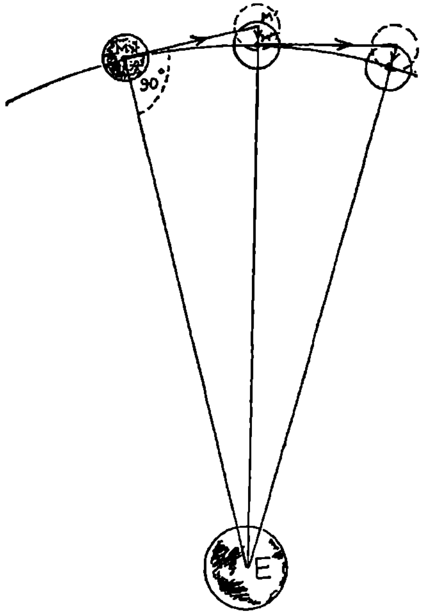
دووجاکەی ئەم برانە دەبێت:

$\frac{1}{100}$ و $\frac{1}{10000}$ و $\frac{1}{1000000}$ و...

هەر بۆیە بۆ هەر مەودایەکی کاتی بە ڕادەی پێویست بچووک، لەوانەیە چاوپۆشی لە ڕستەی دووەمی لای چەپی هاوکێشەکە بە بەراورد بە ڕستەی یەکەم بکەین، بەم شێوە بنوسین:

$$\overline{M''M'} = \frac{\overline{MM'}^2}{2\overline{EM}}$$

کە هەڵبەت ئەمە کاتێک بە تەواوەتی ڕاستە، کە $\overline{M''M'}$ بێکۆتایی بچووک بێت.



وێنەی ٧: هەژمارکردنی تاودانی مانگ

بە هۆی ئەوەی $\overline{M''M'} = v\Delta t$ و $EM = R$، دەکرێت هاوکێشەی سەرەوە بەم شێوەیە بنووسین:

$$\overline{M''M'} = \frac{v^2}{2R}\Delta t^2$$

لە کاتی قسەکردن لەسەر توێژینەوەکانی **گالیلۆ** لەسەر یاسای بەربوونەوە، بینیمان کە لادان لە ماوەی کاتیی بچووکی Δt، یەکسانە بە $\frac{1}{2}a\Delta t^2$، کە لێرەدا a بریتییە لە تاودان، بە شێوەیەک بەراوردکردنی ئەم دوو فۆرمولە، پیمان دەڵێت کە $\frac{v^2}{R}$ پیشاندەری a، واتە تاودانە، کە بەم تاودانە مانگ بەرەو زەوی بەر دەبێتەوە، بەڵام هەرگیز پێی ناگات.

هەر بۆیە دەکرێت ئەم تاوادانە بەم شێوەیە بنوسین:

$$a = \frac{v^2}{R} = (\frac{v}{R})^2 R = \omega^2 R$$

که لێـــرەدا $\omega = \frac{v}{R}$ بـــریتییە لە خێرایـــی بەگۆشـــەی مانـــگ لە ســـوورِگەکەیدا. گۆشـــەخێرایی ω لە هەر جـــوولەیەکی بەخولـــدا بە سادەیی پەیوەندیی بە کاتەلەرەی T ی ئەو جوولەیەوە هەیە، هەر بۆیە دەتوانین ئەم هاوکێشەیە بنووسین:

$$\omega = \frac{2\pi v}{2\pi R} = 2\pi \frac{v}{s}$$

که لەودا S=2πR بـریتییە لە چێـوەی رێچـکەکە. وەک دیـارە کـاتی یەکسوورانەوە یەکسانە بە $\frac{s}{v}$ ، کە هاوکێشەکە بەم شێوەیەی لێ دێت: $v=\frac{2\pi}{T}$

مانگ لە مـاوەی ٢٫٢٧ ڕۆژ، یـان $2.35x10^6$ چـرکە، سـوورِێکی تەواو بە دەوری زەویـــدا دەدات. ئەگەر ئەم هێنـــدە لەجیـــاتیی T دابنێـــین، دەگەین بەو ئەنجامەی $1/sec\omega = 2.67x10^{-6}$ بە بوونی بڕێکی وا بۆ ω، نیوەتیرەکەی دەبێت بە $R=384400km=3.844x\ 10^{10}$ cm. **نیوتن** تـاودانی بەربوونەوەی مـانگی $0.27cm/sec^2$ دۆزییەوە، کە ٣٦٤٠ جار بچووکترە لە تاودانی $981cm/sec^2$ لەسەر ڕووبەری زەوی. بەم شـێوە ڕوون دەبێـت کە هێـزی کێشـکردن لەگەڵ مەودای دوورکەوتنەوە لە زەوی دادەبەزێت، بەڵام یاسـای فەرمـانڕەوا لەسـەر ئەم دابەزیـــنە چەنـــدە؟ ســـێوێک کە بەر دەبێـــتەوە لە مەودای ٦٣٧١ کیلۆمەتری ناوەندی زەویدایە و مانـگ لە مەودای ٣٨٤٤٠٠ کیلـۆمەتر، واتە ٦٠٫١ جـــار دوورتـــرە. بە بەراوردی ٣٦٤٠ و ٦٠٫١، **نیـــوتن** تێگەیشـت کە یەکەم بە نزیکەیـی یەکسـانە بە تـوان دووی دووەمـی. واتـــای ئەمە ئەوەیە کە یاســـای کێشـــکردن زۆر ســـادەیە: هێـــزی کێشکردن بەگوێرەی توان دووی پێچەوانەی مەودا دادەبەزێت.

بەڵام ئەگەر زەوی سـێو و مانـگ بەرەو خـۆی ڕادەکێشـێت، بـۆچی نەیەژرێنین کە خۆر هەم زەوی و هەم هەسـارەکانی تر ڕادەکێشـێت

و ئەوان لەسەر ڕێچکەکانیان دەهێڵێتەوە؟ ئەوکات دەبێت کێشکردنێک لەنێوان هەرکام لە هەسارەکاندا هەبێت، کە کاریگەریی لەسەر جووڵەکەیان بە دەوری خۆردا دادەنێت و پشێوی دروست دەکات، ئەگەر وەها بێت سێوەکانیش دەبێت یەکتری ڕابکێشن، هەرچەند لەوانەیە هێزی نێوانیان زۆر کەم بێت، کە ئێمە نەتوانین هەستی پێ بکەین. ڕوونە ئەم هێزە کێشکردنییە گەردوونییە دەبێت بەند بێت لەسەر بارستایی ئەو تەنانەی کار دەکەنە سەر یەکتر. بەپێی یەکێک لە یاسا بنەڕەتییەکانی میکانیک، کە **نیوتن** دایناوە، هێزێکی دیاریکراو کە کار دەکاتە سەر تەنێکی مادی، تاوی پێ دەدا، کە ڕاستەوخۆ گرێدراوە بە هێزەکەوە و بە پێچەوانەوەوە پەیوەندیی لەگەڵ بارستایی تەنەکەدا هەیە. ڕوونە بۆ ئەوەی خێرایی دوو تەن، کە بارستایی یەکێکیان دووبەرانبەری تەنەکەی ترە، یەکسان بێت، دەبێت هێزی کاریگەر لەسەر تەنی یەکەم دووبەرانبەری هێزی کاریگەر لەسەر تەنی دووەم بێت. کە وا بوو بەپێی دۆزینەوەی **نیوتن**، کە هەموو تەنەکان سەربەخۆ لە کێشەکانیان بە یەک تاودان لە بواری کێشکردن بەر دەبنەوە، دەبێت بگەین بەو ئەنجامەی کە ئەو هێزانەی کە ئەو دوو تەنە بەرەو خوارەوە ڕادەکێشن، گرێدراوە بە بارستاییەکەیانەوە، واتە گرێدراوە بە بەرگری لە هەنبەر تاوداندا. ئەگەر وەها بێت، لەوانەیە ئەو چاوەڕوانییە هەبێت کە هێزی کێشکردن گرێدراو بێت بە بارستایی تەنەکەی ترەوە. هێزی کێشکردنی نێوان زەوی و مانگ ئێجگار زۆرە، چونکە هەردووکیان دوو تەنی زۆر قورسن. کێشکردنی نێوان زەوی و سێوێک زۆر بچووکە و تاودانی نێوان دوو سێو دەبێت بە تەواوەتی شیاوی ئەوە بێت چاوپۆشیی لێ بکرێت. بە سەرنجدان بە ئارگیومێنتێک هاوشێوەی ئەوەی باس کرا، **نیوتن** توانیی یاسای کێشکردنی گەردوونی بدۆزێتەوە، کە بەپێی ئەو، هەردوو تەنێکی مادی یەکتری بە هێزێک ڕادەکێشن، کە ڕاستەوخۆ گرێدراوە بە کەرەتکردنی بارستاییەکان و

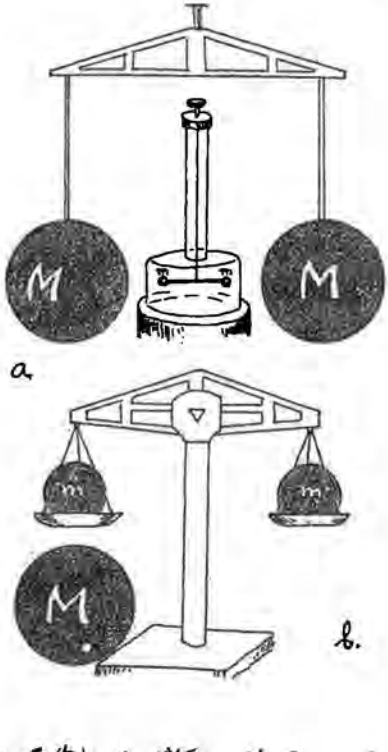
به شـــێوەی پـــێچەوانەوە گرێـــدراوە بە تـــوان دووی مەودای دوورییەکەیـــان. ئەگەر M1 و M2 بارســـتایی دوو تەن بـــن، کە کاریگەریی لەسەر یەکتری دادەنێن و R مەودای نێوانیان بێت، هێزی کێشـــکردنی نێـــوان ئەم دوو تەنە بە فۆرمـــولی ســـادەی ژێـــرەوە دەردەبڕدرێت:

$$F = \frac{GM_1M_2}{R^2}$$

کە لێرەدا G (بۆ کێشکردن) بریتییە لە نەگۆڕێکی گەردوونی.

نیوتن هێندە نەژیا تا بەڵگەی ئەزمـوونی ڕاستەوخۆ لەسـەر یاسا کێشکردنییەکەی خۆی لەنێوان دوو تەن بە بچووکیی سێو پێشکەش بکات، بەڵام سێ چارەکەسەدە دوای مردنی، ئینگلیزییەکی زیرەکی تر بە ناوی **هێنری کاڤندیش** ئەم بەڵگەیەی خستە ڕوو. بۆ سەلماندنی بـوونی کێشـــکردنی نێـوان دوو تەن بە هەر قەبـارەیەک، کاڤنـدیش ئـــامێرگەلێکی زۆر وردی بەکـــار هێنـــا، کە لە ســـەردەمی ئەودا پێشـاندەری ئەوپەڕی توانـای تـاقیگەیی بـوو، بەڵام ئێسـتا لە هەمـوو تاقیگەیەکدا دەکرێت ببینرێت و بە هۆیانەوە یاسـای کێشـکردنی **نیوتن** بســەلمێندرێت. پرەنسـیپی تەرازووی **کاڤندیش** لە وێـنەی ٨دا پێشـان دراوە. شـووڵێکی سـووک کە گڵۆڵەیەکی بچووک بە هەر سـەرێکییەوە بەســتراوەتەوە، بە بەکرەیەکـــی تەنـــک و درێـــژ هەڵواســـراوە و لە قتوویەکی شووشــەییدا جێگیـر کـراوە تـا لە جـووڵەی هەوا پـارێزراو بێـت. لە دەرەوەی قتـووە شووشــەییەکەدا دوو گڵـۆڵەی زۆر قـورس هەڵواســـرەوە، کە دەتـــوانن بە دەوری تەورێـــک بســـووڕێنەوە. دوای ئەوەی کـۆمەڵەکە گەیشـتن بە هاوســەنگی، شـوێنی گڵـۆڵە گەورەکە دەگۆڕێن، ئەوکات دەبینرێت کە شووڵی هەڵگری گڵۆڵە بچووکەکان بە هۆی ڕاکێشانی کێشکردنیەوە، بە ڕادەی گۆشـەیەکی دیـاریکراو بەرەو گڵۆڵە گەورەکە دەسووڕێتەوە. بە پێوانی گۆشـەی لادان و زانینـی بـڕی

بەرگری بەکرەکە لە هەنبەر پێچان، **کاڤندیش** توانیی ئەو هێزەی کە لە لایەن گلۆلە گەورەکانەوە کار دەکاتە سەر گلۆلە بچووکەکان، بپێوێت. لە ڕێگەی ئەم تاقیکردنەوانەوە ئەو تێگەیشت کە بڕی ژمارەیی G لە فۆرموله **نیوتن**دا، ئەگەر درێژییەکان و بارستەکان و کات بەگوێرەی سانتیمەتر و چرکە هەژمار بکرێت، یەکسانە بە $6.66x10^{-8}$. بە بەکارهێنانی ئەم بڕە، دەکرێت ببینرێت هێزی کێشکردنی نێوان دوو سێو کە لە نزیکی یەکتریدان، یەکسانە بە کێشی یەک ملیاردەمی ئۆنس (بە نزیکەیی 0.00000003 گرام).



وێنەی ٨: (a) پرەنسیپی تەرازوی کاڤندیش، (b) گۆڕانکارییەکەی لە لایەن نۆیسەوە

فیزیـایی بەریتانیـانی **بـۆیس**، (١٨٥٥-١٩٤٤)، تۆزێـک گۆڕانکـاریی لە تـاقیکردنەوەکەی **کاڤینـدیش**دا کـردووە، دوای ئەوەی دوو کێشـی یەکسـانی لەژێر تەرازووەکەدا لە دۆخـی هاوسـەنگیدا دانـا (وێنەی ٨)، گلۆڵەیەکی لەژێر یەکێک لە دوو ڕووبەرەکەدا دانا و لادانێکی بچـووکی بینیی؛ کێشکردنی زەوی لەسـەر ئەم گلۆڵە بە هـۆی کێشـکردنی گلۆڵە قورسەکە زیادی کردبوو. لە ڕووی لادانە بینراوەکەوە، **بۆیس** تـوانیی ڕێژەی بارستایی گلۆڵەکە بەگوێرەی بارسـتایی زەوی هەژمـار بکـات. بەپێی هەژمارکردنەکانی ئەو، بارستایی زەوی بریتی بوو لە $6x10^{24}$ کیلۆگرام.

بەشی سێیەم
کالکلەس

لەوانەیە تێگەیشتن لەم بابەتە قورس بێت، کە بۆچی **نیوتن** کە تیۆری بنچینەیی کێشکردنی گەردوونی، کە لە سەرەتای کارە زانستییەکانی خۆی دۆزیبووەوە، تا بیست ساڵ دواخست، تا ئەو کاتەی بتوانێت دەربڕینێکی تەواوی ماتماتیکی لە تیۆری کێشکردنی گەردوونی لە کتێبە ناسراوەکەیدا، *پرەنسیپی ماتماتیکیی فەلسەفەی سروشتی*، پێشکەش بکات.

هۆکاری وەها دواکەوتنێکی دوورودرێژ، ئەوە بوو هەرچەند تیۆرییەکی ڕوونی سەبارەت بە یاساکانی فیزیای کێشکردن هەبوو و بەڵام میتودی ماتماتیکی بۆ کردنەوەی هەموو ئەنجامەکان یاسا بنچینەییەکەی کارلێکی دووبەدووی دوو تەنی مادی لە بەردەستدا نەبوو. زانیارییە ماتماتیکییەکەی کاتی ئەو بۆ لێکۆڵینەوە لەسەر کێشکردنی دووبەدووی نێوان تەنەکان بەس نەبوو. بۆ نموونە، لە لێکۆڵینەوە لەسەر بابەتی زەوی و مانگ، کە لە بەشی پێشوودا قسەمان لەسەری کرد، **نیوتن** دەبوو وای دابنێ کە هێزی کێشکردن بە شێوەی پێچەوانە گرێدراوە بە توان دووی مەودای دووریی نێوان ناوەندی ئەم تەنانەوە، بەڵام کاتێک سێوێک لە لایەن زەوییەوە

ڕادەکێشرێت، ئەو هێزەی بەرەو خوارەوە ڕایدەکێشێت، ئاوێتەیەکە لە ژمارەیەکی زۆر هێزی جۆراجۆری وەک هێزی ڕاکێشانی بەردەکانی ژێر ڕیشەی درەختی سێوەکە، هێزی ڕاکێشەری بەردەکانی کێوەکان، ئاوی زەریاکان و هێزی ڕاکێشەری ناوکی ئاسنینی ناوەندی زەوی. بۆ ئەوەی کاریگەریی کۆی ئەم هێزانە، کە لە ڕێگەیانەوە زەوی کار دەکاتە سەر سێو و مانگ، بدۆزرێتەوە، **نیوتن** ناچار بوو بیسەلمێنێت کە کاریگەریی کۆی هەموو ئەو هێزانە وەک کاریگەریی تاکە هێزێکە، کە ئەگەر هەموو بارستایی زەوی لە ناوەندەکەیدا چڕ ببێتەوە، کاریگەریی دادەنا.

ئەم پرسە کە هاوشێوەیە، بەڵام تۆزێک ئاڵۆزترە لەو پرسەی کە **گالیلۆ** هەیبوو لەسەر جوولەی تەنۆلکەکان بە خێرایی بەردەوام ڕوو لە زیادبوون، زۆر سەرتر بوو لەو ئامرازە ماتماتیکییەی سەردەمی **نیوتن**. هەر بۆیە **نیوتن** ناچار بوو ماتماتیکی تایبەت بە خۆی بەکار بهێنێت. بەم کارە **نیوتن** شتێکی بونیاد نا، کە ئێستا پێی دەگوترێت هەژمارکردنی ژمێرکاریی جیاکارییەکان (The Calculus of Infinitesimals)، یان بە کورتی، کالکەس (Calculus). ئەم لقەی ماتماتیک، کە لەمڕۆدا بە ڕەهایی دەبێت لە خوێندنی هەموو لقەکانی زانستی فیزیادا بەکار بهێنرێت و بەرەبەرە بۆ بایۆلۆجی و بوارەکانی تریش گرنگ دەبێت، لەگەڵ سیستەمە فەرمییەکانی ماتماتیکدا ئەم جیاوازیەی هەیە، کە میتۆدێک بەکار دەهێنێت کە لەودا هێڵەکان و ڕووبەرەکان و قەبارە ئەندازیارییە فەرمییەکان دابەش دەکرێت بە بەشگەلێکی زۆر بچووک و پەیوەندیی نێوان ئەم بەشە زۆر بچووکانە، کاتێک کە قەبارەکەیان بەرەو سفر دەڕوات، دەدۆزرێتەوە. پێشتریش لەگەڵ ئەم جۆرە لە ئارگیومێنت لە شیکاری **نیوتن** بۆ تاودانی مانگ ئاشنا بووین (بەشی دووەم)، کە لەودا ڕستەی دووەمی لای چەپی هاوکێشەکە بە بەراورد بە گەورەیی ڕستەی یەکەم، دەکرا چاوپۆشیی لێ بکرێت (بە لەبەرچاوگرتنی لادانی مانگ لە ماوەیەکی

زۆر بچووکدا). با گشتیترین جووڵە لەبەرچاو بگرین، کە لەودا پۆتان (X)ی تەنی بەجووڵە نەخشەیەکە لە t. لە زمانی ڕۆژانەدا ئەمە واتای ئەوەیە کە بڕی x بە شێوەیەکی ڕێک دەگۆڕێت، کاتێک t گۆڕانی بەسەردا دێت. لە سادەترین باردا، x لەوانەیە ڕاستەوخۆ گرێ درابێت بە tوە. دەکرێت بنووسین:

$$X=At$$

کە لێرەدا A بریتییە لە نەگۆڕێک کە هەردوو لای هاوکێشەکە دەکات بە یەکسان. ئەم بارە سادەیە، دوو کاتی t و $t+\Delta t$ هەڵدەبژێرین، کە لەودا Δt زیادبوونێکی زۆر بچووکە لە کاتدا، کە لە دواییدا دەبێت بە سفر. لادان لەم کاتەدا بە ڕواڵەت ئاوایە:

$$A(t+\Delta t)-At=A\Delta t$$

کە بە دابەشکردنی هەردوو لا بەسەر Δt، ڕێک بڕی Aمان دەست دەکەوێت. لەم بارەدا ئیتر پێویستیمان بەوە نییە کە Δt زۆر بچووک بکەینەوە، چونکە ئۆتۆماتیکی لە هاوکێشەکە هاتووەتە دەرەوە. هەر بۆیە نرخی گۆڕانی x، یان وەک **نیوتن** ناوی هێنا، فلکسیۆنی (جیاکاری/داتاشراوە)، x دەبێت بە $\dot{x}=A$

خاڵی سەر x ڕێژەی گۆڕان پیشان دەدات.

ئێستا دۆخێکی تا ڕادەیەک ئاڵۆزتر لەبەرچاو دەگرین:

$$x=At^2$$

دووبارە گۆڕانی x لە کاتەکانی $+t\Delta t\rightarrow t+\Delta t$ دەدۆزینەوە:

$$A(t+\Delta t)^2-At^2$$

کە بە کردنەوەی دەگەین بەم ئەنجامەی خوارەوە:

$$At^2+2A(t\Delta t)+A(\Delta t)^2-At^2=2A(t\Delta t)+A(\Delta t)^2$$

بە دابەشکردنی بەسەر Δtدا، ئەم دوو ڕستەیەی ژێرەوە دەدۆزرێتەوە:

$$2At+A\Delta t$$

کاتێکΔt زۆر بچووک بێت، ڕستەی دووەم لەناو دەچێت و فلکسیۆنی

$$x=At^2$$

دەبێت بە

$$\dot{x} = 2\mathrm{At}$$

ئەگەر باری

$$x = At^3$$

• لەبەرچاو بگرین، دەبێت ئەمەی ژێرەوە هەژمار بکەین:

$$A(t + \Delta t)^3 - At^3$$

کە دوای کردنەوەو دابەشکردن بەسەر Δt، دەبێت بەم ئەنجامەی خوارەوە:

$$3At^2 + 3At\Delta t + A(\Delta t)^2$$

کاتێک Δt زۆر بچووک بێت، دوو ڕستەی کۆتایی لەچاو ڕستەی یەکەم زۆر بچووک دەبێت و دەکرێت چاوپۆشیی لێ بکرێت و فلکسیۆنی

$$x = At^3$$

دەبێت بە

$$\dot{x} = 3\mathrm{At}^2$$

هەر ئەم کـــارە دەکرێـــت بـــۆ $x = At^4$ و $x = At^5$ بکرێـــت و فلکســـیۆنەکانی $4At^3$ و $5At^4$ بـــدۆزینەوە. بە ســـادەیی دەکرێـــت یاسایەکی گشتی بۆ دۆزینەوەی فلکسیۆنی x بدۆزرێتەوە: فلکسیۆن (جیاکاری/داتاشـراوە)ی $x = At^n$، کە لەودا n ژمـارەیەکی دروسـتە، یەکسانە بە nAt^{n-1}.

لە نموونەکـــانی ســـەرەوەدا، فلکســـیۆنی بڕگەلێکمـــان دۆزیـــیەوە کە بەگوێرەی کات، بە توان دووی کات و توان سێی کات دەگۆڕان. بەڵام ئەگەر گۆڕانەکان بە شێوەی پێچەوانە پەیوەندییان بە کـاتەوە هەبێت، چـی دەبێـت؟ دەزانـین کە ... ; $t^{-1} = \frac{1}{t}$; $t^{-2} = \frac{1}{t^2}$; $t^{-3} = \frac{1}{t^3}$، بە بەکارهێنـانی ئەم تـوانە نێگەتیڤـانە و بەکارهێنـانی میتـۆدی سـەرەوە، دەبینـین فلکسـیۆنی ... $x = Ax^{-1}, x = Ax^{-2}, x = Ax^{-3}$، بریتـی دەبێت لە $\dot{x} = -At^{-1}$ $\dot{x} = -3At^{-4}$ $\dot{x} = -2At^{-3}$.

نیشـانەی نێگەتیـڤ لێـرەدا بە واتـای ئەوەیە کە لە بـاری پەیوەنـدیی پێچەوانەدا، بڕی بگۆڕەکە لەگەڵ زیادبوونی کاتدا دادەبەزێت و ڕێژەی گۆڕان نێگەتیڤە. بەڵام ڕێسای گشتی بۆ هەژمارکردنی فلکسیۆن هەر ئەوەیە کە لە کـاتی گرێـدانی ڕاسـتەوخۆدا هەبـوو: بـۆ دۆزینـەوەی فلکسـیۆن، بـڕی سـەرەکیی هاوکێشـەی جـوولە لە تـوانەکەی کەرەت دەکەین و لە توانەکەی یەک ژمارە کەم دەکەینەوە.

ئەنجامی قسەکانی سەرەوە لە خشتەی ژێرەوە کورت کراوەتەوە:

X	At^{-3}	At^{-2}	At^{-1}	At	At^2	At^3	At^4	....
$\dot{x}$	$-3At^{-4}$	$-2At^{-3}$	$-At^{-2}$	A	2At	$3At^2$	$4At^3$	...

لە کاتێکدا $\dot{x}$ لە شێوازی نووسینی **نیوتن**دا ڕێژەی گۆڕانی X پیشان دەدات، $\ddot{x}$ ڕێژەی گۆڕانی ئەم گۆڕانە لە Xدا پیشان دەدات.

بۆ نموونە بۆ $x=At^3$

$$\dot{x} = 3At^2, \ddot{x} = 3\dot{A}t^2 = 3A \times 2t = 6At$$

هەر بەم شێوە $\dddot{x}$ بریتی دەبێت لە ڕێژەی گۆڕانکاریی $\ddot{x}$ و یەکسان دەبێت $=6At \dot{=} 6A\dddot{x}$.

ئێسـتا دەتـوانین ئەم ڕێسـا سـادانە لە فۆرمـولەی **گـالیلۆ** بـۆ بەربوونەوەی تەنی سەربەست بەکار بهێنین. لە بەشی یەکەمدا لادانی Sمـان لە کـاتی t دۆزیـیەوە و پیشـانمان دا لە فۆرمـولی ژێـرەوە بەدەست دێت.

$$S = \frac{1}{2}at^2$$

چـونکە خێرایـی V، گـۆڕانی شـوێنی تەنـی بەجـوولەیە بە شـێوەی ژێرەوەی لێ دێت:

$$V = \dot{S} = \frac{1}{2}a \times 2t = at$$

که ئەوە دەگەیەنێت خێرایی گرێدراوە بە کاتەوە. بۆ تاودانی a، کە ڕێژەی گۆڕانی خێراییە (یان ڕێژەی گۆڕانی گۆڕانی لادانە)، دەتوانین بنووسین:

$$a = \ddot{S} = \dot{V} = a$$

پێش ئەوەی کۆتایی بەم باسە بهێنین، دەبێت بزانین شێوازی نووسینەکەی **نیوتن** بۆ گۆڕانی جوولە لە ئێستادا زۆر بە دەگمەن بەکار دێت. هەر لەو کاتەی کە **نیوتن** میتۆدەکەی خۆی بۆ فلکسیۆن، کە ئێستا ناسراوە بە جیاکاریی کالکلەس، تەواو دەکرد، گاتفرێد لایبنیتس هەر لەم بوارەدا بە چەمک و شێوە نووسینی تا ڕادەیەک جیاواز کاری دەکرد. ئەوەی **نیوتن** ناوی لێ نابوو فلکسیۆن (گۆڕان)ی یەکەم، دووەم و سێیەم و... **لایبنیتس** ناوی داتاشراو (Derivative)ەی یەکەم و دووەم و سێیەم و... لێ نابوو و لەجیاتیی $\dot{x}, \ddot{x}, \dddot{x}$. ئەم نیشانانەی ژێرەوەی بەکار هێنابوو:

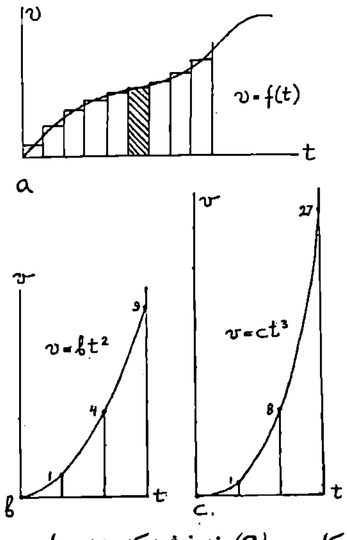
$$\frac{dx}{dt}; \frac{d^2x}{dt^2}; \frac{d^3x}{dt^3}; \ldots;$$

هەڵبەت ناوەڕۆکی ماتماتیکیی هەردووکیان یەک شتە.

لە کاتێکدا کالکەلەسی جیاکاری پەیوەندیی نێوان بەشەکانی شێوە ئەندازەییەکان کاتێک بەشەکانی زۆر بچووکن لەبەرچاو دەگرێت، کالکەلسی تەواوکاری (Calculus Integral) ئەرکی پێچەوانە ئەنجام دەدات، ئەویش بریتییە لە تەواوکاری (کۆکردنەوە)ی بەشە زۆر بچووکەکان بە شێوازی شێوە بە قەبارەی دیاریکراو. لەگەڵ ئەم شێوازەدا لە بەشی یەکەمدا ئاشنا بووین، باسمان کرد کە شێوازی **گالیلۆ** لە کۆکردنەوەی ژمارەیەکی زۆر لاکێشەی بچووک، کە ڕووبەرەکەیان جووڵەی تەنۆلکەیەک لە ماوەی کاتیی زۆر بچووکدا پیشان دەدات. میتۆدی هاوشێوە، پێش **گالیلۆ** لە لایەن ماتماتیکییە یۆنانییەکانەوە بۆ دۆزینەوەی قەبارەی قووچەک و ڕوخسارە سادە

ئەندازەییەکانی تر بەکار هاتووە، بەڵام ڕێگەی گشتی بۆ چارەسەری ئەم جۆر پرسانە هێشتا نەدۆزرابووەوە.

بــۆ تێگەیشــتن لە پەیوەنــدیی کالکلەســی جیاکــاری و کالکلەســی تەواوکاری، جووڵەی تەنۆلکەیەک لەبەرچاو بگرین کە خێراییەکەی بە هــۆی نەخشــەی v(t)وە وەک ئەوەی لە وێــنەی ٩دا پیشــان دراوە، دیــاریکراوە. بە بەکارهێنــانی ئەو ئــارگیومێنتەی کە لە بــاری ســادەی وێــنەی ٣دا پیشــان درا، ئــێمە دەگەیــن بەو ئەنجــامەی کە مەودای ڕێگەبڕینــی S لە کــاتی tدا بە هەژمــارکردنی ڕووبەری ژێر چەمــاوەی خێرایی دیاری دەکرێت.



وێنەی ٩: تەواوکاریی (a) نەخشەکە هەروایی و خۆویستە، (b) نەخشەکە دووجاییە، (c) نەخشەکە سێجاییە

ڕێژەی گۆڕانی S لە هەر کاتێکدا لە ڕووی خێرایی جووڵە لەو کاتەدا دەدۆزرێــتەوە، بە شــێوەیەک کە لە شــێوازی نووســینی **نیــوتن** و **لایبنیتیس** دەکرێت بنووسین $\dot{S} = v$ یان $v = \frac{dS}{dt}$.

کە وا بــوو ئەگەر v بەگــوێرەی کــات دیــاریکراو بێــت، S دەبێــت نەخشەیەک بێت لە کات کە فلکسیۆن (داتاشراو)ەکەی یەکسانە بە v. بۆ جووڵەی چوونیەک، $v = at$ بە شێوەیەک کە دەبێت نەخشـەیەک بەپێـی کـات بـدۆزینەوە کە فلکسـیۆنەکەی یەکسـان بێـت بە at. بە سەرنجدان بە خشتەی پێشوو، دەبینین کە فلکسیۆنی At^2 یەکسانە بە 2At، بە شـێوەیەک داتاشـراوەکەی $\frac{1}{2}At^2$ یەکسانە بە At کە وا بوو ئەگەر لەجیاتیی A پیتی a دابنـێن، $s = \frac{1}{2}at^2$، هەڵبەت ئەمە هەمـان ئەنجامە کە **گالیلۆ** تەنیا بە ڕێگەی ئەندازەیی دۆزییەوە.

بەڵام بـا دوو نمـوونەی ئـاڵۆزتر لەبەرچـاو بگـرین، کە لە یەکێکیانـدا خێرایی نەخشەیەکە لە دووجای کات و لەوی تریاندا سێجای کاتە. بۆ ئەم دوو بارە دەکرێت ئاوا بنووسین:

$$v=ct^3 \text{ و } v=bt^2$$

ئەم دوو بـارە بە هێڵکارییەکـانی وێنەی ٩ پیشـان دراون و ڕێـک وەک بـاری سـادەی پێشـوو مەودا پێوارەوەکـان بـریتییە لە ڕووبەری ژێـر چەماوەکـان. بەڵام چـونکە لێرەدا لەجیـاتیی هێڵـی ڕێـک چەماوەمـان هەیە، فۆرمـولێکی سـادەی ئەنـدازەیی بۆ دۆزینەوەی ڕووبەر لەئـارادا نابێـت. بە بەکارهێنـانی ڕێـگەکەی **نیـوتن** و سـەیرکردنی خشـتەکانی پێشوو، دەبینین داتاشراوەکانی At^3 و At^4 بە ڕیز بریتیین لە $3At^2$ و $4At^3$ و جیاوازییەکەیـان لەگەڵ فۆرمولەکـانی سـەرەوەدا، تەنیـا لە نەگـۆڕە کەرەتکراوەکانـدایە. کە وا بـوو ئەگەر وای دابنێـین $3A=b$ و $4A=c$، ڕووبەری ژێر دوو چەماوەکە بریتییە لە:

$$S_b = \frac{1}{3}bt^3, S_c = \frac{1}{4}ct^4$$

ئەم ڕێگەیە بە تەواوەتی گشتگیرە و دەکرێت بۆ هەر توانێکی t بەکار بهێنرێت و بۆ هەر دەربڕینێکی ئاڵۆزی وەک ئەمەی ژێرەوەش ڕاستە:

$$v = at + bt^2 + ct^3$$

کە بۆ ئەوە دەکرێت ئاوا بنووسین:

$$s = \frac{1}{2}at^2 + \frac{1}{3}bt^3 + \frac{1}{4}ct^4$$

لەم بـــابەتەوە دەگەیـــن بەو ئەنجـــامەی کە کالکەســـی جیاکـــاری، بە پـــێچەوانەی کالکەلەســـی تەواوکـــارییە؛ پرســـەکە لێـــرەدا بـــریتییە لە دۆزینەوەی نەخشـەیەکی نەناسراو کە داتاشراوەکەی یەکسـان بێت بە نەخشـە ناسـراوەکە. کە وا بـوو ئێسـتا دەتوانین خشـتەکەی پێشـوو بە گـــۆڕینی ریزبەنـــدی ســـتوونە ئاســـۆییەکان و گـــۆڕینی نەگـــۆڕە ژمارەییەکان بە شێوەی ژێرەوە بنووسین:

$\dot{x}$	At^{-4}	$-2At^{-3}$	$-At^{-2}$	A	2At	$3At^2$	$4At^3$	…
x	$-At^{-3}/3$	$-At^{-2}/2$	$-At^{-1}$	At	$At^2/2$	$At^3/3$	$At^4/4$	….

دەڵێین x تەواوکاریی$\dot{x}$ لە شێوازی نووسینەکەی **نیوتن**دا بەم شێوە دەنووسن $x=(\dot{x})'$ و لە شێوازی نووسینەکەی **لایبنیتز**دا بە شێوە دەنووسرێت $x = \int \dot{x}\, dx$

کە لێـرەدا هێمـای $\int$ هەمـان پیتـی S،ە کە لە سـەر و خـوارەوە ڕاکێشراوە و پیتی یەکەمی وشەی Sum،ە، کە واتای کۆ دەگەیەنێت.

ئێسـتا ئەم خشـتەی نـوێیە بـۆ هەمـان نمـوونەی کـۆن کە جـووڵەی چوونیەکە، بەکار دەهێنین. چونکە تاودان نەگۆڕە، کە وا بوو:

$$\ddot{x} = a \text{ یان } \dot{x} = a$$

کە لێرەوە دەگەین بەم پەیوەندییەیی ژێرەوە:

$$\dot{x} = \int adt = at$$

بە تەواوکارییەکی تر و سەرنجدان بە خشتە نوێیەکە، ئەمە دەدۆزینەوە:

$$x = \int at\, dt = \frac{a}{2}t^2$$

واتە هەمان ئەنجام کە پێشتر دۆزیبوومانەوە. ئەگەر تاودان نەگۆڕ نەبێت، بەڵام بەگوێرەی کات بگۆڕێت، دەکرێت ئەمانەی ژێرەوە بنوسین:

$$\ddot{x} = bt$$

$$\dot{x} = \int bt\, dt = \frac{1}{2}bt^2$$

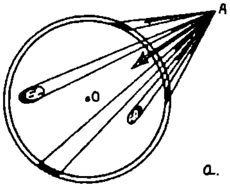
$$x = \int \frac{1}{2}bt^2\, dt = \frac{b}{2}\int t^2\, dt = \frac{b}{6}t^3$$

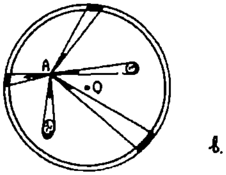
کە وا بوو ئەم جارەیان مەودای لادان بە هۆی تەنێکی بەجووڵەوە، بەگوێرەی سێجای کاتەوە دەگۆڕێت.

دەربڕینی سەرەتایی کالکولەس دەکرێت بۆ سێ ڕەهەندیش بگوازرێتەوە، کاتێک کە x,y,z هەرسێکیان لەئاراداں، بەڵام ئەم بابەتە بەجێ دەهێڵم بۆ ئەو خوێنەرانەی کە ئەم شتانەیان بەلاوە زۆر ئاسانە.

بە تەواوکردنی پرەنسیپە سەرەکییەکانی کالکولەسی جیاکاری، **نیوتن** ئەوانی بۆ شیکاری ئەو پرسانە بەکار هێنا، کە لە تیۆرییە کێشکردنییە گەردوونییەکەیدا هەبوون و لە قۆناغی یەکەمیشدا لە پرسی هێزی کێشکردن، کە لە لایەن زەوییەوە کار دەکاتە سەر هەر تەنێکی بچووکی مادی، کە لە هەر مەودایەکی دووری لە ناوەندەکەیدا بێت. بۆ ئەو مەبەستە، زەویی دابەش کرد بۆ کۆمەڵێک توێی تەنکی گۆیی و هێزی کێشکردنی هەرکامێکیانی بە جیا لەبەرچاو گرت (وێنەی ١٠). بۆ بەکارهێنانی کالکولەسی تەواوکاری، دەبێت ڕووبەری توێ گۆیەکەش دابەش بکرێت بە ڕووبەری بچووکبچووک و هێزی کێشکردنی هەرکام لەم ڕووبەرە بچووکانە لەسەر تەنی O بەپێی یاسای دووجای پێچەوانە، هەژمار بکرێت. ئەم دابەشکردنە دەبێت بە هۆی دروستبوونی ژمارەیەکی زۆر ئاراستەبڕی هێز، کە کار دەکەنە سەر خاڵی O و ئەم ئاراستەبڕانە دەبێت بەپێی یاسای کۆکردنەوە

ئاڕاستەبڕەکان کۆ بکرێنەوە. شیکاری ڕاستەقینەی ئەم پرسە لە دەرەوەی ئەم پرەنسیپە سەرەتاییانەیە، کە تا ئێستا قسەمان لەسەر کردووە، بەڵام **نیوتن** شیکاری کرد. ئەنجامەکە بوو بەوەی کاتێک خاڵی O لە دەرەوەی توێ گۆییەکەدا بوو، هەموو ئاڕاستەبڕەکان پێکەوە کۆ دەبوونەوە و یەک ئاڕاستەبڕیان دروست دەکرد، کە یەکسان بوو بەو هێزی کێشکردنەی کە دەبوو هەبێت کاتێک کە وای دابنێین هەموو بارستاییەکە لە ناوەندەکەیدا چڕ ببێتەوە. ئەگەر خاڵەکە لە ناوەوەی توێکڵەکەدا بێت، کۆی ئاڕاستەبڕەکانی هێز دەکاتە سفر، بە شێوەیەک هیچ هێزێکی کێشکردن کار ناکاتە سەر تەنەکە.





وێنەی ١٠: (a) هێزی کێشکردنی توێیەکی تەنکی گۆیین لەسەر خاڵێکی دەرەکی، (b) هەر ئەمە، بەڵام ئەم جارەیان خاڵەکە لە ناوەوەیە

ئەم ئەنجامە نیگەرانییەکەی **نیوتن**ی سەبارەت بە هێزی کێشکردنی زەوی لەسەر سێو نەهێشت و یاسای کێشکردنی گەردوونی، کە لە کاتی گەنجێتیدا لە کێڵگەکەی گوندی *لینکنشەر* باسی کردبوو، پاساو دەدرایەوە.

بەشی چوارەم
سوورگە هەسارەییەکان

ئێستا کە تۆزێک لە کاڵکڵەسی جیاکاری و تەواوکاری تێگەیشتین، دەکرێت بۆ جووڵەی تەنە سروشتی و دەستکردە ئاسمانییەکان کە لەژێر کاریگەریی هێزی کێشکردندان، بەکاری بهێنین. سەرەتا با بزانین بە چ خێراییەک دەبێت مووشەکێک لەسەر ڕووبەری زەوییەوە بهاوێژرێت بۆ ئەوەی لە ناوەندی کێشکردنی زەوی دەرباز ببێت. چەند کۆڵبەرێک بهێنە پێشچاوی خۆت، کە دەبێت پیانۆیەکی گەورە لە کۆڵانەوە تا نهۆمێکی دیاریکراوی بینایەک ببنە سەرەوە. هەموو کەسێک (بەتایبەتی کۆڵبەرەکان) دەزانن، کە بردنەسەرەوەی پیانۆیەکی گەورە بۆ نهۆمی سێیەم، سێ جار زیاتر زەحمەتاوییە یان کاری پێویستە، تا بەردنی هەمان پیانۆ بۆ نهۆمی یەکەم. کاری پێویست بۆ بردنەسەرەوەی کورسی و کەرەستەی قورس، گرێدراوە بە کێشەکەیانەوە و بە بردنەسەرەوەی شەش کورسی بۆ نهۆمێکی دیاریکراو، شەش جار زیاتر کار ئەنجام دەدرێت تا بردنەسەرەوەی تەنیا یەک کورسی بۆ هەمان نهۆم.

بەڵام سەبارەت بە کاری پێویست بۆ هاویشتینی مووشەکێک تا بەرزییەک بۆ ئەوەی لە سوورگەیەکی دیاریکراو جێگیر ببێت، دەکرێت

چی بڵێن، یان کارێک کە بۆ ئەوەی لەسەر مانگ بکەوێت، چەندێکە؟ لە شیکاری ئەم پرسانەدا دەبێت لەبیرمان نەچێت، هێزی کێشکردن بە دوورکەوتنەوە لە زەوی دادەبەزێت؛ هەرچەندێک بەرزیی تەن لە زەوی زیاتر بێت، بەرزکردنەوەی زیاتری ئاسانترە.

وێنەی ١١ گۆڕانی هێزی کێشکردن لەگەڵ مەودادا پیشان دەدات، بۆ هەژمارکردنی کۆی کاری پێویست بۆ بردنەسەرەوەی تەنێک لەسەر ڕووبەری زەوییە (بە مەودای Ro لە ناوەوندی زەوییەوە) تا مەودای R، بە سەرنجدان بە دابەزینی بەردەوامی هێزی کێشکردن، مەودای نێوان Ro تا R دەکەین بە ژمارەیەکی زۆر مەودای بچوکی dr و کاری ئەنجامدراو لەم مەودا بچووکەدا هەژمار دەکەین، چونکە بۆ تۆزێک گۆڕان لە مەودا، هێزی کێشکردن، لە کرداردا بە نەگۆڕ لەبەرچاو دەگیرێت (کۆڵبەرەکان و پیانۆ گەورەکە بێتەوە بیرتان)، کاری ئەنجامدراو ئەنجامی کەرەتکردنی هێزێکە کە تەنەکە لە مەودای لادانىدا دەجووڵێنێت. واتە ڕووبەری لاکێشەکانی وێنەی ١١. ئەگەر بگەینە ئاستی لادانی بێکۆتایی بچووک، دەگەین بەو ئەنجامەی کە کاری گشتی بۆ بەرزکردنەوەی تەن لە Roوە بۆ R دەبێت بە ڕووبەری ژێر چەماوەی پیشاندەری هێزی کێشکردن، یان بەو هێمایانەی لە بەشی پێشوودا باسمان کردن، تەواوکاری ژێرەوە:

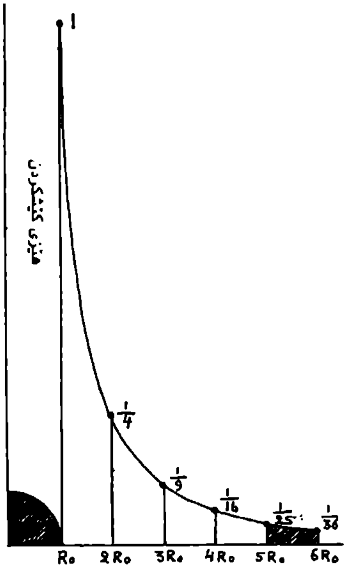
$$W = \int_{Ro}^{R} \frac{GMm}{r^2} dr = GMm \int_{Ro}^{R} \frac{1}{r^2} dr$$

چونکە هێندە نەگۆڕەکان لەناو تەواوکاریدا ناگۆڕن، GMm لەناو هێمای تەواوکارییەکە دەهێنینە دەرەوە و دوای هەژمارکردنی ئەنجامی تەواوکارییەکە، لە ئەنجامەکە کەرەتی دەکەین، بە سەرنجدان بە خشتەی بەشی پێشوو بۆ تەواوکارییەکان، دەبینین کە ئەنجامی تەواوکاریی $\frac{1}{r^2}$ دەبێت بە $\frac{-1}{r}$، (چونکە داتاشراوەی $\frac{1}{r}$ یەکسانە بە $\frac{-1}{r^2}$). کە وا بوو کاری ئەنجامدراو یەکسانە بە

$$W = \frac{-GMm}{R} - \left(-\frac{GMm}{Ro}\right) = GMm\left(\frac{1}{Ro} - \frac{1}{R}\right)$$

ڕستەی $P_R = \frac{-GM}{R}$ پەیوەندیدار بە یەکەی بارستایی کە دەبێت بەرز بکرێتەوە، پێی دەگوترێت پەستانی کێشکردنی (Potential of Gravity) و دەڵێین کاری ئەنجامدراو بۆ بەرزکردنەوەی یەکەیەکی بارستایی لە ڕووبەری زەوییەوە تا بەرزییەکی دیاریکراو لە فەزادا یەکسانە بە جیاوازی لە پەستانە کێشکردنییەکانی ئەم دوو شوێنە.

ئەم تێڕوانینە سادانە لە هەمان سەرەتای لێکۆڵینەوەکاندا بۆ **نیوتن** ڕوون بوون، بەڵام ئەو لەگەڵ کارێکی زۆر قورسدا ڕووبەڕوو بوو، کە بریتی بوو لە شیکاری دروستی یاساکانی جووڵەی هەسارەکان بە دەوری خۆردا و جووڵەی مانگەکانی هەسارەکان، ئەم یاسایانە نیو سەدە پێش سەردەمی **نیوتن** بە هۆی **یوهانس کیپلەر**، ئەستێرەناسی ئەڵمانییەوە دۆزرابوونەوە.



وێنەی ١١: دابەزینی هێزی کێشکردن بەپێی مەودا Ro بریتییە لە نیوەتیرەی زەوی

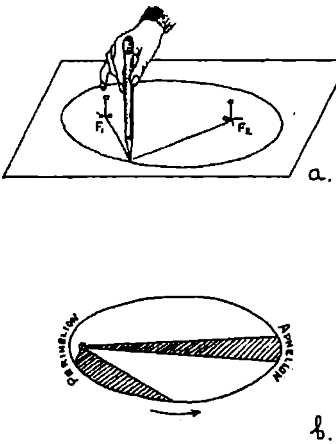
لە لێکۆڵینەوە لەسەر جوولەی هەسارەکان بەگوێرەی ئەستێرە نەگۆڕەکان، **کێپلەر** هەندێک داتای هەبوو کە لە مامۆستاکەی **تیکۆبراهە**وە بۆی مابووەوە. **کێپلەر** بینیی کە ڕێچکەی هەموو هەسارەکان بە دەوری خۆردا بە شێوەی هێلکەییە، کە خۆر لە یەکێک لە تیشکۆکانیدایە. ماتماتیکییەکانی یۆنانی کۆن هێلکەیان وەک پانەبڕگەی قووچەک پێناسە کردبوو، کە ڕووبەرێکی تەختی ئاراستە لاری بەگوێرەی تەوەری قووچەکەکە هەبوو. ئەگەر ڕووبەری تەختەکە ستوون لەسەر تەوری قووچەکەکە بێت، هێلکە دەبێت بە بازنە. پێناسەیەکی هاوشێوەی تر بۆ ڕێچکەی هێلکەیی، بریتییە لە چەماوەیەکی داخراو بەو تایبەتمەندییەوە کە کۆی مەوداکانی هەر خاڵێک لەسەری لە دوو خاڵی نەگۆڕەوە لەسەر تیرەی درێژ، کە پێی دەگوترێت تیشکۆ، بڕێکی نەگۆڕە. ئەم پێناسەیە ڕێگەیەکی گونجاوە بۆ کێشانی هێلکە بە دوو بزمار و بەکرەیەک، وەک چۆن لە وێنەی ١٢دا پیشان دراوە.

یاسای دووەمی **کێپلەر** دەڵێت کە جوولەی هەسارەکان لەسەر ڕێچکەی هێلکەی بە شێوەیەک دەبێت، کە هێڵێکی گریمانەیی نێوان خۆر و ناوەندی هەسارەکە، ڕووبەری یەکسان لە مەودای کاتیی یەکساندا گسک دەدات (وێنەی ١٢).

سەرئەنجام یاسای سێیەم، کە **کێپلەر** نۆ ساڵ دواتر باسی کرد، دەڵێت کە دووجای کاتی سووڕانەوەی هەسارە جیاوازەکان بە شێوەی ڕاستەوخۆ گرێدراوە بە سێجای مەودای دوورییان تا خۆر. کە وا بوو، بۆ نموونە دووریی *عەتارد*، *زوهرە*، *مەریخ* و *موشتەری*، بەپێی دووریی زەوی لە خۆرەوە (یەک یەکەی فەلەکی) بریتییە لە 0.387, 0.723, 1.524,5,203، لە کاتێکدا کاتی سووڕانەوەکە بە ڕیز بریتییە لە 0.241, 0.615, 1,881, 11, 860 ساڵ. ئەگەر سێجای زنجیرەی ژمارەکانی مەودا و دووجای زنجیرەی ژمارەکانی

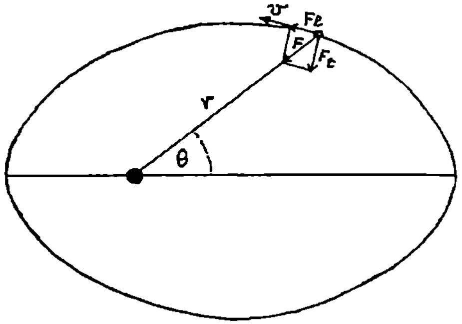
کاتی سووڕانەوە هەژمار بکەین، دەبینین کە هەردووکیان بە ڕیز یەکسانن بە 140,85 ,3,5396 ,0.3785 ,0.0580.

نیوتن لە لێکۆڵینەوە سەرەتاییەکانی خۆیدا بۆ سادەیی، وای دانا ڕێچکەی مانگ بە شێوەی بازنەی تەواو بێت و ئەم نزیککردنەوەیە گەیاندی بە ئەنجامێکی تا ڕادەیەک سەرەتایی لە یاسای کێشکردن، پێویست بوو بیسەلمێنێت کە ئەگەر یاسای کێشکردنی جیهانی بە تەواوەتی ڕاست بێت، ڕێچکە هەسارەییەکانی وەرگیراو لە بازنە دەبێت هێلکەگەلێک بن کە خۆر لە یەکێک لە تیشکۆکانیدایە. هەڵبەت ئەمەش بۆ مانگ ڕاستە، چونکە ڕێچکەکەی بە تەواوەتی بازنە نییە، بەڵکو هێلکەیە. **نیوتن** نەیتوانی تەنیا بە ڕێگەی ئەندازەی فەرمی بازنە و هێڵ هۆکاری ئەمە ڕوون بکاتەوە، وەک لە بەشی پێشوودا باسمان کرد، ئەو کالکلەسی جیاکاری لە بنەڕەتدا بۆ ئەم پرسە داهێنا و بەکاری هێنا. پرەنسیپی کالکلسی جیاکاری کە لە بەشی پێشوودا باسمان کرد، بۆ سەلماندنی ئەوەی ڕێچکەی هەسارەیی **نیوتن** دەبێت هێلکەیی بن، بەس نییە، بەڵام ئومێدم وایە کە ئەم باسە لانیکەم بە خوێنەر ئەو تێگەیشتنە بدات کە **نیوتن** چۆن پرسەکەی چارەسەر کردووە.



وێنەی ١٢: (a) ڕێگەیەکی سادە بۆ کێشانی هێلکە، (b) یاسای دووەمی کیپلەر

له وێنەی ١٢دا جووڵەی هەسارەیەک لەسەر ڕێچکەیەکی دیاریکراوی 'OO بە خێرایی دیاریکراوی V پیشان دراوە.



وێنەی ١٢: هێزگەلێک کە کاریگەری لەسەر جووڵەی هەسارەیەک لەسەر ڕێچکەیەکی هێلکەیی دادەنێن

بۆ ئەم جۆرە لە جووڵە، گونجاوترە کە شوێنی هەسارە لە هەر ساتێکدا، بە مەودای r لە ناوەندی خۆر و گۆشەی θ، کە هێڵی گەیاندنی خۆر بە هەسارەکە لەگەڵ ئاڕاستەیەکی نەگۆڕی فەزادا (واتە ئاڕاستەیەک بەرەو هەسارەیەکی نەگۆڕە لە بازنەی بورجەکاندا) دروستی دەکات، شرۆڤە بکەین. لە کاتێکدا کە شوێنی هەسارە بە پۆتانی r و θ پیشان دەدرێت، ڕێژەی گۆڕانی شوێنەکەی لە ڕێگەی داتاشراوە (جیاکاری) $\dot{r}$ و $\dot{\theta}$ دەدۆزرێتەوە و ڕێژەی ئەم گۆڕانەش (تاودان) لە داتاشراوەکانی دووەم، واتە $\ddot{r}$ و $\ddot{\theta}$وە دەدۆزرێتەوە. هێزی کێشکردن واتە $F = \frac{GMm}{r^2}$، کە کار دەکاتە سەر هەسارەکە، بەگشتی بە پێچەوانەی جووڵە لەسەر بازنەستوون لەسەر ڕێچکەکەی نییە. هەر بۆیە بە بەکارهێنانی ڕێسای کۆکردنەوەی هێزەکان، دەکرێت هێزەکە بۆ دوو بەش شی بکەینەوە: یەکێکیان F_l و ئەوی تریان F_t ستوون لەسەری (l و t پیشاندەری درێژی و پانین).

بەم شێکارییە و بەکارهێنانی یاسای بنچینەیی میکانیکی **نیوتن**، کە تاودانی جووڵەکە لە هەر ئاڕاستەیەکدا گرێدراوە بە بەشەکی ئەو هێزەی لەو ئاڕاستەدا کار دەکاتە سەری، هەندێک هاوکێشە دەدۆزرێنەوە کە پێیان دەگوترێت هاوکێشە جیاکارییەکانی (Differential Equation) جووڵەی هەسارە. ئەم هاوکێشانە پەیوەندیی نێوان پۆتانی r و θ و داتاشراوەی یەکەم $\dot{r}$ و $\dot{\theta}$ و داتاشراوەی دووەم $\ddot{r}$ و $\ddot{\theta}$ دەردەبڕێت. ئیتر کارەکانی دواتر تەنیا کاری ماتماتیکی پەتییە، تەنیا دۆزینەوەی ئەوەیە کە دەبێت بەند بن لەسەر کات ت r، و θ و داتاشراوەکانی یەکەم و دووەمیان، خودی خۆشیان بۆ هاوکێشە جیاکارییەکان ڕاست بن، وەلام بریتییە لەوەی جووڵە دەبێت لەسەر ڕێچکەیەکی هێلکەیی بێت کە خۆر لە یەکێک لە تیشکۆکانیدایە و ئاڕاستەبەری نیوەتیرە لە مەودای کاتیی یەکسان، ڕووبەری یەکسان گسک لێ دەدات.

لە کاتێکدا لێرەدا توانیمان بەدەستهێنانێکی شرۆڤەیی لە دوو یاسای یەکەم و دووەمی **کیپلەر** بدەین بەدەستەوە، بۆ یاسای سێیەم دەتوانین بەدەستهێنانێکی تەواو پێشکەش بکەین، بەم گریمانە سادەیە کە ڕێچکەی هەسارەکان بازنەن. لەڕاستیدا لە بەشی دووەمدا بینیمان کە چەقەتاودانی ڕوو لە ناوەندێک، جووڵەیەکی بازنەیی بریتییە لە $\frac{v^2}{R}$، کە لەودا v خێرایی تەنە بەجووڵەکە و R نیوەتیرەی سووڕگەکەیە، چونکە کەرەتکردنی چەقەتاودان و بارستایی، دەبێت هێزی کێشکردن بدات بەدەستەوە، دەکرێت ئاوا بنووسین:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$$

کە لەلایەکی ترەوە، چونکە چێوەی سووڕگەی بازنەیی یەکسانە بە $2\pi R$، کاتی یەک سووڕ T دەکرێت لەم فۆرمولەی ژێرەوە بدۆزرێتەوە:

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

کە لێرەوە ئەم فۆرمولەیەی ژێرەوە دەدۆزرێتەوە:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

ئەگەر ئەم بڕەی V لە هاوکێشەی یەکەم دابنێین، دەگەین بەمەی خوارەوە:

$$\frac{\mathrm{m} \times 4\pi^2 \mathrm{R}^2}{\mathrm{T}^2 \mathrm{R}} = \frac{GMm}{R^2}$$

کە دوای کورتکردنەوە، دەگەین بەم ئەنجامەی خوارەوە:

$$4\pi^2 R^3 = GMT^2$$

ئەم فۆرمۆلە پیشان دەدات کە سێجای R ڕاستەوخۆ گرێدراوە بە دووجای Tیەوە، کە هەمان یاسای سێیەمی **کیپلەر**ە.

بە بەکارهێنانی وردتری کاڵکلەسی جیاکاری و تەواوکاری، دەکرێت پیشان بدرێت کە ئەم یاسایە بۆ هەموو ڕێچکە هێلکەییەکان ڕاستە.

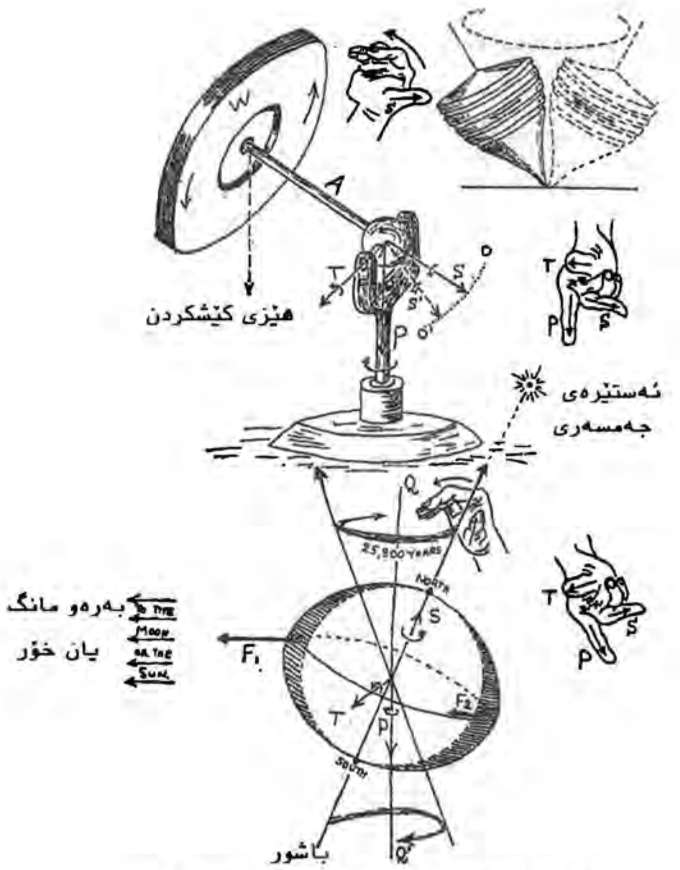
هەر بۆیە بە داهێنانی ماتماتیکیی پێویست بۆ چارسەری پرسەکە، **نیوتن** توانیی پیشانی بدات کە جووڵەی کۆمەڵەی خۆر، دەبێت ملکەچی یاسا کێشکردنیە گەردوونییەکەی ئەو بن.

بەشی پێنجەم
زەوی وەک مزراحێکی بەخول

نیوتن دوای چارەسەری ئەم پرسە، کە چۆن هێزی کێشکردن مانگ لەسەر ڕێچکەکەی دەهێڵێتەوە و چۆن خۆر زەوی و هەسارەکانی تر لەسەر ڕێچکەیەکی هێلکەیی دەسووڕێنێتەوە، سەرنجی خۆی دایە ئەم پرسە، کە ئەم دوو تەنە ئاسمانییە چ کاریگەرییەک لەسەر خولانەوەی گۆی زەوی بە دەوری تەورەکەیدا دادەنێن. ئەو تێگەیشت کە زەوی بە هۆی خولانەوە تەوەرییەکەی، دەبێت ڕوخسارێکی گۆیی چڕی هەبێت، چونکە هێزی کێشکردن لە ناوچەکانی پشتێنەی زەوی (Equator)، تا ڕادەیەک بە چەقەهێز قەرەبوو دەکرێتەوە. هەڵبەت نیوەتیرەی پشتێنەی زەوی نزیکەی بیستویەک کیلۆمەتر لە تیرەی جەمسەرییەکەی گەورەترە و تاودانی کێشکردن لە پشتێنەی زەوی 0.3% کەمترە لە تاودان لە دوو جەمسەرەکە. هەر بۆیە دەکرێت وای دابنێین کە زەوی گۆیەکە لە کەمەرەکەیدا ئاوساوە (ڕووبەی هێڵهێڵی لە کۆتایی وێنەی ١٤)، کە نزیکەی بیستویەک کیلۆمەتر لە پشتێنەی زەویدا ئەستوورترە و بەرەبەرە بەرەو جەمسەر دەبێت بە سفر. لە کاتێکدا هێزی کێشکردنی خۆر و مانگ کە کار دەکەنە بەشی گۆی زەوی، هاوتای هێزێکن کە کار دەکاتە سەر ناوەندەکەی. ئەو هێزانەی

کە کـار دەکەنە سـەر ئاوسـاوییەکە، بەم شـێوە هاوسـەنگ نـابنەوە. ڕوونە، چونکە هێزی کێشکرکردن لەگەڵ مەودا دادەبەزێت، هێزی F1 کە کـار دەکـاتە سـەر بەشـی هەڵئاوسـاو، کە بەرەو تەنـی ڕاکێشـەرە (خۆر یان مانگ) گەورەترە لە هێزی F2، کە کار دەکاتە هەڵئاوساویی ئەودیو. لە ئەنجامدا هێزێکی سووڕێنەر دروست دەبێت، کە دەیەوێت تەوری خـولانەوەی زەوی ڕاسـت بکـاتەوە و سـتوونی بکـات لەسـەر ڕووبەری زەوی (بـازنەی بورجەکـان)، یـان سـتوونی بکـات لەسـەر ڕێچکەی مانگ.

بـۆ چارەسـەری ئەم پرسـە، دەبێـت تێـبگەین کە گـۆی زەوی لە جووڵەکەی خۆیدا لەڕاستیدا وەک مزراحێکی گەورەی بەسووڕ وایە، وەک ئەو مزراحانەی لە منداڵییەوە لەگەڵی ئاشناین. کاتێک مـزراحەکە بە خێرایی دەخولێتەوە، ناکەوێت، بەڵام بەگوێرەی سـەر مێزەکە یـان بنـی ژوورەکە، کە لەسـەری دەخـولێتەوە، بە لاری دەوەسـتێت و لە کاتی خولانەوەدا، تەوەری خـولانەوەکەی قووچەکێک لە دەوری هێڵی ستوون دروست دەکات (گۆشەی ڕاستی سەرەوەی وێنەی ١٤). تەنیـا کاتێک خولانەوەی مـزراحەکە بە هـۆی لێخشـاندنەوە هێواش ببێتەوە، مـزراحەکە دەکەوێـت. نمـوونەیەکی تەواوتـری مـزراح، کە لە تاقیکردنەوەکـانی میکانیکدا بەکـار دەهێنرێـت، لە وێـنەی ١٤دا نیـوەی سەرەوەی وێنەکە پیشـان دراوە. ئەم مزراحە بریتییە لە چەتاڵێکی F، کە دەکرێـت بە دەوری تەورێکـی ئەسـتووندا بسـووڕێتەوە و شـووڵی A کە دەکرێـت بە شـێوەی سـەربەسـت لە دەوری خـاڵی هەڵواسـراو بەرز و نزم ببێتەوە، ڕابگرێت.



وێنەی ١٤: مزراحی بادراو و زەویی بەخول

لە کۆتاییە سەربەستەکەیدا، شوولەکە بەستراوەتەوە بە وێلێکی سەربەستی Wوە، کە لەسەر قتوویەکی ساچمەی بچووک بە لێخشاندنی زۆر کەمەوە دەسووڕێتەوە. ئەگەر وێلەکە نەخولێتەوە، دۆخی کۆمەڵەکە بە شێوەیەک دەبێت کە شوولەکە ڕووی لە خوارەوە دەبێت و وێلەکە لەسەر مێزەکە دەبێت. بەڵام ئەگەر وێلەکە بە خێرایی بخولێنینەوە، بارودۆخەکە بە تەواوەتی دەگۆڕێت و کەسێک کە ئەمە بۆ یەکەم جار دەبینێت، سەری سووڕ دەمێنێت. شووڵ و وێلەکە

ناکەون و تا ویلەکە بخولێتەوە، ویل و شوولّ و چەتالّ بە دەوری تەوری ستوونی بە هێواشی دەخولێنەوە. ئامێری ناسراو بە جیروسەکۆپ (Gyroscope)، هەر لەسەر ئەم پرەنسیپە دروست کراوە، کە بەکارهێنانی کردەیی زۆری هەیە، کە یەک لەوان قیبلەنمای جیرۆسەکۆپییە، کە کەشتییەکان لە زەریاکان و فڕۆکەکان لە ئاسماندا ئاڕاستە دەکات و هاوسەنگکەرەوەی جیرۆسەکۆپی پێشگیری دەکات لە تلبوونەوە و بەلاکەوتن لە کەشوهەوای خراپدا.

وێنەی ١٥: تاقیکردنەوەی ژان پێرن

لەوانەیە سەرنجڕاکێشترین بەکارهێنانی جیرۆسەکۆپ، **ژان پێرن**، فیزیایی فەڕەنسی ئەنجامی دابێت، کە لە ناو جانتاکەی خۆی دای نا و لە وێستگەی شەمەنەفەری *پاریس* پشکنینی بۆ کرد (لەو کاتەدا هێڵە ئاسمانییە بازرگانییەکان نەبوون) .کاتێک کۆڵبەرەکە جانتاکەی وەرگرت و لەگەڵ **ژان پێرن** لە وێستگەکەدا دەڕۆیشت، لە سەرپێچێکدا بینیی جانتاکە لەگەڵیدا نایەت و کاتێک ویستی بە هێزێک جانتاکە ڕابکێشێت، جانتاکە لە دەستیدا دەستی بە خولانەوە کرد (وێنەی ١٥). کۆڵبەرەکە لەپڕ هاواری کرد: "دەبێت شەیتانی تێدا بێت!" بەرەڵای کرد و ڕای کرد. ساڵێک دواتر، **ژان پێرن** *خەڵاتی نۆبێلی* بردەوە. هەڵبەت نەک بۆ تاقیکردنەوەکانی جیرۆسەکۆپ، بەڵکو بۆ ئەو کارانەی لەسەر جووڵەی گەرمایی مۆڵکیولەکان ئەنجامی دابوو.

بۆ تێگەیشتن لە ڕەوشتی تایبەتی جیرۆسەکۆپ، دەبێت لەگەڵ ئاڕاستەبڕێکدا کە پیشاندەری خێرایی جووڵەی بەخولە، ئاشناتان بکەم. لە بەشی یەکەمدا بینیمان کە خێرایی گواستنەوە (لادان)، دەکرێت بە تیرەئاسایەک پیشان بدرێت، کە لە ئاڕاستەی جووڵەدا دەکێشرێت و درێژییەکەی گرێدراوە بە بڕی خێراییەوە. سەبارەت بە خولانەوەش، هەر بەو شێوەیە. تیرەئاسایەک لەسەر تەوەری خولانەوە دەکێشرێت، کە درێژییەکەی پەیوەندیی هەبێت بە خێرایی بەگۆشەی پێوراو بەپێی ژمارەی خولینەوەکان لە خولەکدا یان هەر یەکەیەکی هاوتای تر. ئاڕاستەی تیرەئاساکە بە ڕێککەوتن دیاری دەکرێت: هەر کاتێک پەنجەکانی چەماوەی دەستەڕاستی خۆت لە ئاڕاستەی خولانەوەدا ڕابگریت، پەنجە گەورە ئاڕاستەی تیرەئاساکە پیشان دەدات (ڕێسای پێچانی دەستی ڕاست). لە بەشی سەرەوەی وێنەی ١٤دا، ئاڕاستەبڕی S خێرایی بەخولی ویلەکە پیشان دەدات. پێچان (هێزی پێچان)ی پەیوەندیدار بە کێشکردنەوە، بە ئاڕاستەبڕی T پیشان دراوە، کە لە لقەکانی چەتاڵەکەوە تێپەڕ دەبێت. بە گشتاندنی

یاساکانی جووڵەی گواستنەوە بۆ جووڵەی بەخول، چاوەڕوان دەکرێت، کە ڕادەی گۆڕانی خێرایی گرێدراو بێت بەهێزی پێچانەکەوە.
لە ئەنجامدا، کاریگەریی کێشکردن لەسەر مزراحی بەخول، گۆڕانی خێرایی بەخول دەبێت، کە بە ئاراستەبڕی S پیشان دەدرێت، بەگوێرەی گۆڕانێک کە ئاراستەبڕی S' پیشانی دەدات. واتە خولانەوە ل ەدەورەی تەوەری ئەستوون؛ ڕێک ئەمە هەمان شتە کە لە ڕەوشی مزراحێکی بادراودا دەبینرێت.
پەیوەندیی فەزایی نێوان گوشەخێرایی ویلی بادراو، هێزی بادان و ئەو جووڵەیەی کە دەستمان دەکەوێت لە وێنەی ١٤دا، لە ڕێگەی دەستەکانەوە پیشان دراوە. ئەگەر پەنجەکانی ناوەوەی دەستی ڕاست لە ئاراستەی ئارستەبری خولانەوە و پەنجەگەورە لە ئاراستەی ئاراستەبڕی بادان دابنێین، پەنجەی ئاماژە خولانەی کۆمەڵەکە پیشان دەدات.
ئەو دیاردەیەی ئێستا باسمان کرد، بە سووڕانەوەی سووڕگە (precession) ناسراوە و لە جووڵەی بەخولی هەموو تەنەکاندا، جا ئەستێرە بێت یان هەسارە یان شتی یاری یان ئەلیکترۆنەکانی ئەتۆم، بە بەربڵاوی هەیە.
لە جووڵەی زەویدا، لەنجەی تەوەرەکە دەبێت بە هۆی سووڕانەوەی سووڕگە و لە ئەنجامی ڕاکێشانی کێشکردنی خۆر و مانگ دروست دەبێت و ڕۆڵی کێشکردنی مانگ کاریگەرترە، چونکە بارستاییەکەی کەمترە لە بارستایی خۆر، بە زەوی زۆر نزیکترە. کاریگەریی لەنجەی تەوەرەی مانگ-خۆر، تەوەرەی زەوی ساڵی پەنجا چرکەی بەگۆشە دەخولێنێتەوە و دەبێت بە هۆی ئەوەی لە ٢٥٨٠٠ ساڵدا، یەک بازنەی تەواو بپێوێت. ئەم دیاردە کە لە ئەنجامدا دەبێت بە هۆی گۆڕانکاریی هێواش، لە بەرواری دەستپێکی بەهار و پاییز، لە لایەن ئەستێرەناسی یۆنانی **هیپارکوس**، لە نزیکی ساڵی ١٢٥ی پێش زایین دۆزرایەوە، بەڵام شیکارەکەی تا دەربڕینی کێشکردنی گەردوونیی **نیوتن** دواکەوت.

بەشی شەشەم
هەڵکشان و داکشانەکان

یەکێـک لە کاریگەرییەکـانی خـۆر و مانـگ لەسـەر زەوی، گـۆڕانی ڕوخسـاری ڕۆژانەی زەویـیە، کە زۆرتـر لە دیـاردەی هەڵکشـان و داکشـانەکانی ئـاوی زەریاکانـدا دەبینرێـت. **نیـوتن** تێگەیشـت کە بەرزبـوونەوە و دابەزینـی ئاسـتی زەریاکـان لە ئەنجـامی کێشـکردنی خـۆر و مـانگە لەسـەر ئـاوی زەریاکـان، کـاریگەریی مانـگ بە هـۆی ئەوەی زۆر لە ئێمە نزیکترە هەر چەند زۆر لە خۆر بچووکترە، بەڵام زۆر زیاترە. ئەوە وا باسی دەکرد، چونکە هێزەکانی کێشکردن لەگەڵ زیـادبوونی مەودادا دادەبەزن، هەڵکشـانی کـاریگەر لەسـەر ئـاوی زەریاکـان لای ڕوونـاکیی خۆر و مـانگەوە بەگوێرەی ئێمە گەورەترە لەو هەڵکشـانەی کە لەودیـوەوە کـار دەکـاتە سـەری و لە ئەنجامـدا دەبێت ئاوەکە لە ئاستی ئاسایی خۆی بەرزتر ببێتەوە.

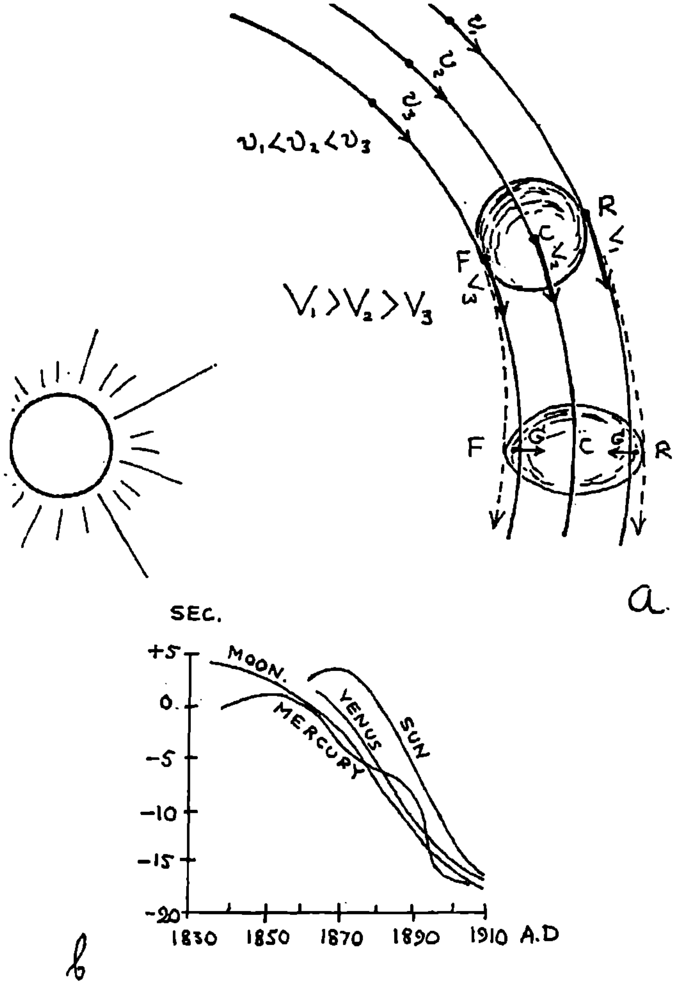
زۆر لە خەڵک کە بۆ یەکەم جار گوێبستی ڕوونکردنەوە هەڵکشـان بوون، بەلایانەوە قورس بوو تێبگەن، کە بۆچی دەبێت دوو شـەپۆلی هەڵکشان هەبێت یەکێک لە دیوی ڕوو لە مانگ یان خۆر و ئەوی تر لەودیوەوە، کە لەوێ ئاوی زەرەیا بە ڕواڵەت لە ئاڕاستەی پێچەوانەی ڕاکێشـانی کێشـکردنی دەجووڵێت. بۆ شـیکاری ئەم بـابەتە، دەبێت تـا

ڕادەیەک باسی داینامیکیی کۆمەڵەی خۆر-زەوی-مانگ بکەین. ئەگەر مانگ لە دۆخێکی دیاریکراودا، بۆ نموونە لەسەر بورجێکی بەرزەوە، کە لە شوێنێک لەسەر زەوی دانراوە، وەستاو بێت، یان ئەوەی خودی زەوی لەژێر کاریگەریی هێزێکی ناسروشتی لە شوێنێک لە سوورگەکەیدا بوەستێت، ئاوی زەریاکانیش بێگومان لە شوێنێکدا کۆ دەبوونەوە و لە دیوی بەرانبەریشدا ئاوەکە دادەبەزی. بەڵام چونکە مانگ لە دەوری زەوی و زەوی لە دەوری خۆر دەسووڕێتەوە، بارودۆخەکە جیاوازە.

سەرەتا هەڵکشانە خۆرییەکان لەبەرچاو دەگرین، چونکە زەوی لە سووڕانەوەی بە دەوری خۆردا، بە یەکپارچەیی دەمێنێتەوە. خێرایی هێڵی لایەکی زەوی، کە بەرەو خۆرە (F لە وێنەی ٦ a)، کەمترە لە خێرایی هێڵی ناوەندی زەوی (C)، کە ئەویش بۆ خۆی کەمترە لە خێرایی ئەودیوی (R، پشت بە خۆر). لەلایەکی ترەوە، وەک لە بەشی چوارەمدا بینیمان، خێراییە بەهێڵەکانی جووڵەی بەسووڕ، بە هۆی کاریگەریی کێشکردنی خۆرەوە، دەبێت بە زیادبوونی مەودا تا خۆر داببەزێت. هەر بۆیە خاڵی F بە خێراییەکی هێڵیی بچووکتر لەوەی بۆ هێشتنەوەی جووڵەی بەسووڕ دەبێت هەبێت، پێویستە، هەروەها لە ئەنجامدا حەزی لەوە دەبێت کە بەرەو خۆر لا بدات، هەر وەک چۆن لە وێنەی ٦ به تیرەئاسای بڕبڕ لە Fدا پیشان دراوە. هەر بەم شێوەیە، خاڵی R بە خێراییەکی هێڵیی گەورەتر لەوەی بۆ ڕێچکەی بازنەیەکی دەبێت هەبێت، پێویستە و حەزی لەوە دەبێت لە خۆر دوور کەوێتەوە (تیرەئاسای بڕبڕ لە Rدا). هەر بۆیە ئەگەر کێشکردن لەنێوان بەشە جۆراجۆرەکان کە مادەی زەوی پێک دەهێنن نەدەبوو، هەموویان لێک بڵاو دەبنەوە و بە شێوەی دیسکێکی بەربڵاو لە بازنەی بورجەکاندا بڵاو دەبووەوە. بەڵام وەها ڕووداوێک ڕوو نادات، چونکە ڕاکێشانی کێشکردنی G لەنێوان بەشە جیاوازەکانی زەوی پێکەوە دەیانهێڵێتەوە. ئەنجامێک کە لەنێوان ئەم دوو دۆخە

سـنووریيەدا دروسـت دەبێـت، بـریتییە لەوەی کە گـۆی زەوی لە ئاراسـتەی تیـرەی سـوورگەکەی خـۆی دەکێشـرێت و لە هەردوو لاکەیەوە دوو هەڵتۆقین دروست دەبێت.

سـەبارەت بە هەڵکشـان و داکشـانەکانی مانـگ، بەبیرمـان بێـتەوە کە زەوی و مانـگ بە جـووت بە دەوری چەقـی هاوبەشـیاندا دەجـووڵێن، ڕوونکردنەوەکـان هەر بەو شـێوە دەبێـت. چـونکە مانـگ بە نزیکەیـی هەشتا جار سووکترە لە زەوی، چەقەناوەندی هاوبەشـیان لە 1/80ی ناوەندی زەویدایە. لەبیرمـان بێت کە ئەم مەودایە شەسـت بەرانبەری نیـوەتیرەی زەوییـە، هەر بـۆیە دەگەیـن بەو ئەنجـامەی چەقەناوەنـدی کـۆمەڵەی زەوی-مانـگ لە 60/80=3.4 نیـوەتیرەی زەوی لە ناوەنـدەکەیەوەیە. ئـاوی زەریاکـان دوو هەڵتـۆقین دروسـت دەکەن، کە یەکێکیـان بەرەو چەقە ناوەنـدی هـاوبەش (کە هەروەهـا ئاراسـتەکەی بەرەو مـانگە) و ئەوی تـر لە ئاراسـتەی پێچەوانەدایە. کاتێـک خـۆر و زەوی و مانـگ لەسـەر هێڵێکـی ڕاسـتن، واتە کـاتی سـەرەتای مـانگی نوێ، کرداری هەڵکشان و داکشانی مانگ و خۆر لە یەکتر زیاد دەبێت و هەڵکشانەکان بەتایبەتی بەرزن، بەڵام لە کاتی هاوسەنگیی پاییزی و بەهـاری، هەڵکشـانە بەرزەکـانی مانـگ لەگەڵ داکشـانە نزمەکـانی خـۆر دەکەونە سەریەک و ئەنجامی گشتی لاوازتر دەبێت.



وێنەی ١٦: (a) سەرچاوەی هەڵکشان و داکشان، (b) دواکەوتنی دەرکەوتوو لە جووڵەی تەنە ئاسمانییەکاندا (عەتارد، مانگ، ڤینوس و خۆر)

چونکە زەوی بە تەواوەتی ڕەق نییە، هێزەکانی هەڵکشانی مانگ-خۆر ڕوخسارەکەی دەگۆڕن، هەرچەندە ئەم گۆڕانی ڕوخسارانە زۆر هێواشترە لەوانەی کە لە توێکڵە شلەکەدا دروست دەبێت. فیزیایی ئەمریکایی **مایکلسن**، لە تاقیکردنەوەکانی خۆیەوە تێگەیشت کە هەر دوازدە سەعات جارێک، ڕووبەری زەوی بە ڕادەی یەک پێ (نزیکەی سی سانتیمەتر) ڕوخساری دەگۆڕێت (*مایکلسن و خێرایی ڕووناکی*/*Bernard Jaffe, Science Study Series*، ١٩٦٠). چونکە گۆڕانی ڕوخساری توێکڵی ڕەقی زەوی بە هێواشی و بە نەرمی ڕوو دەدات و ئێمە کە لەسەر بنچینەیەکی بەردین دەژین، هەستی پێ ناکەین. بەڵام کاتێک هەڵکشان و داکشانی زەریاکان، چوار بۆ پێنج پێ، لە کەنارەکانی کیشوەرەکاندا دەبینین، دەبێت وەبیرمان بێتەوە، ئەوەی دەیبینین تەنیا جیاوازیی نێوان جووڵەی ستوونی وشکایی و ئاوە.

هەڵکشان و داکشانەکانی زەریا کە لە دەوری گۆزەوییەکەی ئێمەدا ڕوو دەدەن، لە بنی زەریاکاندا هەست بە لێخشاندن دەکەن (بەتایبەتی لە ناوچە تەنکاوییەکانی وەک دەریای برینگ) و هەروەها لە کاتی بەرکەوتن لەگەڵ کەنارەکاندا وزە لەدەست دەدەن. دوو زانای بەریتانیایی، **سێر هارۆڵد جێفریز** و **سێر جیفری تایلەر**، بەراوردیان کرد کە کاری گشتیی ئەنجامدراو بە هۆی هەڵکشان و داکشانەکانەوە بەردوام ئەنجام دەدرێت، زیاترە لە دوو ملیارد ئەسپی هەڵمین. لە ئەنجامی ئەم لەکیسچوونی وزەدا، زەوی لە سووڕانەوەی خۆی بە دەوری تەورەکەیدا هێواش دەبێت، ڕێک وەک تایەکانی ئۆتۆمبێل کاتێک هێزی وەستێنەرەکان کار دەکاتە سەری. بە بەراوردی ئەم لەکیسچوونی وزەیە لە هەڵکشان و داکشانەکاندا بە کۆی وزەی سووڕانەوەی زەوی، دەگەین بەو ئەنجامەی کە زەوی بە ڕادەی 0.000000002 چرکە لە هەر خولانەوەیەکدا هێواش دەبێتەوە؛ هەموو ڕۆژێک بە ڕادەی دوو لەسەر سەد ملیۆنەمی ڕۆژی پێشوو

له ڕۆژی پێشـــووی درێژتـــره. ئەم گــۆڕانە زۆر بچــووکە و هـــیچ ڕێگەیەک بـۆ پێوانی لە ئەمـڕۆوە بـۆ بەیـانی، یـان لە ئەمسـاڵەوە بـۆ ساڵێکی تر نییە، بەڵام هەموو ساڵێک کە تێپەڕ دەبێت، گۆڕانکارییەکان کۆ دەبێتەوە، سەد ساڵ بریتییە لە ٣٦٥٢٥ ڕۆژ، بە جۆرێک سـەدەیەک لەوەو پـێش ئەم ڕۆژانە ٠,٠٠٠٧ چـرکە کـورتتر لە ئەمـڕۆ بـووە. بە تێکڕایی، لەو کاتەوە تا ئێستا درێژیی ڕۆژ ٠,٠٠٠٣٥ چرکە کورتتر لە ئەمڕۆ بووە. بەڵام چونکە ٣٦٥٢٥ ڕۆژ لەو کاتەوە تێپەڕیوە، هەڵەیەک کە لەســــەر یەک کـــۆ بـــــووەتەوە، دەبێـــت بەم شـــێوە بێـــت 36525X0.00035=14 چرکە.

١٤ چـــرکە لە یەک ســـەدەدا ژمـــارەیەکی بچـــووکە، بەڵام لە بینیـــنە وردەکـــان و هەژمـــارکردنە فەلەکییەکانـــدا ژمـــارەیەکی گـــرنگە. ئەم هێواشـــبوونەوەی ســـــووڕانەوەی زەوی بە دەوری تەوەرەکەیـــدا، لەڕاســـتیدا ئەو ئالۆزییـــانەی کە بـــۆ مـــاوەی دووردرێـــژ بـــۆ ئەستێرەناسەکان جێگەی پرسیار بوو، شی دەکردەوە. بە بەراوردی شوێنی خۆر و مانگ و *عەتارد* و *ڤێنوس* بەگوێرەی ئەستێرەوەستان، ئەستێرەناسەکان تێگەشتن کە ئەم شوێنانە بە بەراورد بەو شوێنانەی کە یەک ســـەدە لەوەوپـــێش بەپێـــی میکـــانیکی ئاســـمانی پێـــوراون، وا دەردەکەوێت بە شێوەی ڕێکوپێک لە پێشـەوەن (وێنەی ١٦ b). ئەگەر بەرنـامەیەکی تەلەفزیـۆنی، پـازدە خـولەک پـێش ئەو وادەیەی کە تـۆ چـاوەڕێی دەکەیـت دەسـت پـێ بکـات، ئەگەر پـازدە خـولەک پـێش داخرانی دوکانێک بچیت و ببینیت کە دوکانەکە داخراوە، ئەگەر دڵنیای لەوەی لە کـاتی خۆیـدا دەگەیـت بە شـــەمەنەفەرەکە و پێـی نەگەیـت، نابێت کەنـاڵە تەلەفزیۆنەکە و دوکـان و هێڵـی ئاسـنینەکە سەرزەنشت بکەیـت، بەڵکـو دەبێـت کێشـــەکە لە کاژمێرەکەتـدا ببینیـت. لەوانەیە کـاتژمێرەکەت پـازدە خـولەک لەدوا بێت. هەر بەو شـێوەیە، جیـاوازیی پـــازدە چـــرکە لە دۆزیـــنەوەی کـــاتی ڕووداوە فەلەکییەکـــان دەبێـــت پەیوەندیی بە هێواشـبوونەوەی خولانەوەی زەوییەوە هەبێت، نەک بە

خێرابـوونەوەی جـووڵەی هەمـوو تەنە ئاسـمانییەکان. تـا ئەو کـاتەی هێواشبوونەوەی خولانەوەی زەوی نەدۆزرابووەوە، ئەستێرەناسـەکان زەوییـــان بە کـــاتژمێرێکی تەواو دەزانـــی، ئێســـتا بەو زانیـــارییەی دۆزیویـانەتەوە، ناچـارن ڕاسـتکردنەوەی پێویسـت بـۆ لێخشـاندنی هەڵکشان و داکشان ئەنجام بدەن.

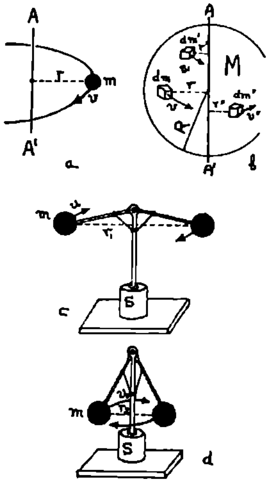
لە سەرەتای ئەم سەدەیەدا، ئەستێرەناسی بەریتانیایی **جۆرج داروین**، کـوڕی نووسـەری ناسـراوی *سـەرچاوەی جۆرەکـان*، لێکـۆڵینەوەی لەسـەر ئەم بـابەتە کـرد، کە چـۆن سـەرئەنجام نەمـانی وزە بە هـۆی لێخشـاندنی هەڵکشـان و داکشـانەوە، کـاریگەریی لەسـەر کـۆمەڵەی زەوی-مانگ دادەنێت.

بـۆ تێگەیشـتن لە ئـارگیومێنتەکەی **داروین**، دەبێـت لەگەڵ هێنـدەیەکی میکـانیکیی گرنـگ ئاشـنا بـین، کە پێـی دەگوترێـت تەوژم بەگۆشـەی (Angular Momentum) تەنێکـی بەسـوور. تەنێـک کە بارسـتاییەکەی بریتییە لە m، لەبەرچاو دەگرین، کە بە خێرایی v بە دەوری تەوەری وەسـتاوی 'AA و بە مەودای دوور r لێـوەی دەسـووڕێتەوە (وێـنەی ١٧). ئەم تەنە لەوانەیە گـــۆی زەوی بێـــت، کە بە دەوری خـــۆردا دەسـووڕێتەوە، یـان مانـگ بێت کە بە دەوری زەویـدا دەسـووڕێتەوە، یـان تەنیـا بەردێـک بێـت کە بە پەتـێکەوە بەسـتراوەتەوە و منـداڵێک دەیسـووڕێنێتەوە. بڕی تەوژم بەگۆشـەی l بەپێی پێناسـە، بـریتییە لە کەرەتکردنـی بارسـتایی لە خێـراییەکەی و مەودای دووریـیەکەی لە تەوەری سووڕانەوە، واتە:

$$l=mvr$$

ئەگەر تەنەکە، چ ویلێکی بەخـول بێت یـان گـۆی زەوی، کە بە دەوری ئەو تەوەرەدا دەسـووڕێتەوە کە لە ناوەنـدەکەیەوە تێـپەڕ دەبێـت، بـارودۆخەکە تـا ڕادەیەک ئـاڵۆزتر دەبێـت (وێـنەی ١٧ b). ئەگەر لە بارودۆخەکەی پێشوودا هەموو بەشـەکانی تەنەکە بە نزیکەیی بە یەک خێرایـی بجـووڵێن (تـا ئەو کـاتەی کە قەبـارەی تەنەکە بەگـوێرەی

سوورِگەکەی بچووک بێت)، بەشە جیاوازەکانی تەنێک کە بە دەوری تەوری تێپەڕیو لە ناوەندەکەوە دەخولێنەوە خێراییەکەیان جیاوازە؛ هەرچی بەشی دوورترە خێراییەکەی زیاترە.



وێنەی ١٧: بڕی تەوژم بەگۆشەی تەنێکی بەسوور بریتییە لە (a) کەرەتکردنی بارستایی (m) لە خێرایی (V) و لە مەودای دوورییەکەیی لە تەوەری سووڕانەوە (r). هەژمارکردنی تەوژم بەگۆشەی تەنێکی ڕەق (b) لە کۆکردنەوەی بڕی تەوژم بەگۆشەکانی ژمارەی بێکۆتایی پارچەی بچووکی ...,dm,dm',dm'' دەدۆزرێتەوە. گۆڕانی خێرایی بۆ پاراستنی بڕی تەوژم بەگۆشە لە (c) و (d) ڕوون کراوەتەوە

سەبارەت بە گۆی زەوی، بۆ نموونە، خاڵەکانی سەر کەمەرەی زەوی خێراییەکەی زیاترە لەو خاڵانەی کە دەکەونە سەر بازنەکانی ناوچەکانی نیوەگۆی باکوور و باشوور و خاڵەکانی سەر جەمسەرەکانیش هەر لە بنەڕەتدا ناجووڵێن. کە وا بوو چۆن دەتوانین بڕی تەوژم بەجووڵە لە وەها بارێکدا دیاری بکەین؟ هەڵبەت ڕێگەکەی بریتییە لەوەی کاڵکۆڵەسی تەواوکاری بەکار بهێنین.

هەمـــوو بارســـتایی تەنەکە دابەش دەکەیـــن بە ژمـــارەیەکی فـــراوان پارچەی بچووکی dm، 'dm، "dm و بڕی تەوژم بەگۆشـەی هەریەک لەوان هەژمـار دەکەیـن. سـیان لەم پـارچە بچووکـانە کە لە وێـنەکەدا پیشـــــــــان دراون، لە مەودای دووری r، 'r و "r لە تەوەرەکەدان و خێراییەکەیان بە ڕیز بریتییە لە v، 'v و "v، خێراییگەلێک کە هەڵبەت گرێـــدراون بە مەودا دووریيـــانەوە. بـــۆ دۆزیـــنەوەی بـــڕی تەوژم بەگۆشەی I بۆ هەمـوو تەنەکە، دەبێت بڕی تەوژم بەگۆشـەی هەمـوو پارچەکان کۆ بکەینەوە (واتە تەواوکاری ئەنجام بدەین). واتە:

$$I = \int dm_i \, v_i r_i$$

کە لەودا تەواوکارییەکە لەسەر هەموو تەنەکەیە.

ئەنجامی ئەم تەواوکارییە بریتییە لە:

$$I = \frac{2}{5} v_r r$$

کە لەودا r نیوەتیرەی تەنی بەخول و v_r خێرایی خاڵەکانی سـەر کەمەرەکەیەتی.

یەکێک لە یاسا بنچینەییەکـانی میکـانیکیی کلاسـیکیی **نیـوتن**، یاسـای پاراســتنی بــڕی تەوژم بەگۆشــەیە، کە دەربــڕینەکەی بەم شــێوەی ژێرەوەیە:

ئەگەر ژمارەیەک تەنمان هەبێت، جا ژمارەکەیان هەرچی بێت، کە بە دەوری تەورەکانیـــــان دەخـــــولنەوەوە و بە دەوری یەکتریشـــــدا دەسـووڕنەوە، بڕی تەوژم بەگۆشـەی هەمـوو کـۆمەڵەکە هەمیشـە بە نەگۆڕی دەمێنێتەوە.

تـاقیکردنەوەیەکی سـادەی خوێنـدنگەیی دەکرێـت بە ئامڕازێـک ئەنجـام بدرێت کە لە کۆتایی وێنەی ۱۷دا پیشـان دراوە. ئەم ئـامێرە بـریتییە لە دوو کێش لە کۆتایی دوو شـووڵ، کە لکێنـدراوە بە سـەروو تەوەرێکی ئاسـۆییەوە و تەوەرەکە دەتوانێـت بە لێخشـاندنێکی کەمەوە لە نـاو کـونی Sدا، بسـووڕێتەوە. بەم ئـامێرە تـایبەتە (کە لە وێـنەکەدا پیشـان

نەدراوە، دەکرێت بە حەزی خۆمان کێشەکان بەرز بکەینەوە (وێنەی ١٧ c) یان دایببەزێنینە خوارەوە (وێنەی ١٧ d).
وای دابنێین کە کێشەکان لە سەرەوەدا لە دۆخی (c)دان و لەم بارەدا کۆمەڵەکە بە دەوری تەوەرەکەیدا دەخولێنینەوە و لە ئەنجامدا بڕێکی دیاریکراو تەوژم بەگۆشەی پێ دەدەین. بڕی تەوژم بەگۆشەی هەر کێشێک، بەپێی پێناسەی پێشوو، یەکسان دەبێت بهmv_1r_1 کە لێرەدا v_1 و r_1 هەمان واتایان هەیە، کە لە وێنەی ١٧ cدا باس کراوە. لە کاتی ئەوەی کۆمەڵەکە دەسووڕێتەوە، کێشەکان دەهێنینە خوارەوە تا لە بارودۆخی پیشاندراو لە وێنەی ١٧ c وا جێگیر ببێت کە مەودای r_2 هکەیان لە تەوەرەکەوە ببێت ببە نیوەی مەودای r_1، چونکە mvr نابێت بگۆڕێت، کەمبوونەی r بە ڕێژەی دوو دەبێت ببێت بە هۆی زیادبوونی v بە هەمان ڕێژەی دوو. هەر بۆیە یاسای پاراستنی بڕی تەوژم بەگۆشە، دەبێت بە هۆی ئەوەی کە خێراییەکان دوو بەرانبەر ببێتەوە و بەم شێوە لە دۆخی دووەمدا دەبینرێت کە $v_2=2v_1$.
ئەم پرەنسیپە بۆ پەتپەتێنکارانی سێرک و سەماکەرەکانی سەرسەهۆڵیش بەکار دێت؛ پەتپەتێنکارێک کە لەسەر پەتێک، یان خلسکێنەکەرێک لەسەر سەهۆڵ بە خێراییەکی کەم دەجووڵێن، لە کاتێکدا دەستەکانیان بۆ هەردوو لا کراوەتەوە، لەپڕ دەستەکانیان دەلکێنن بە جەستەیانەوە و وەک گێژەڵووکەی درەوشاوەیان لێ دێت.
بینەوە سەر کۆمەڵەی زەوی-مانگ؛ دەگەین بەو ئەنجامەی کە یاسای پاراستنی بڕی تەوژم بە جووڵە ناچار دەکات، کە هێواشبوونەوەی خولانەوەی گۆی زەوی بە هۆی لێخشاندنی هەڵکشان و داکشانەوە، دەبێت ببێت بە هۆی زیادبوونی بڕی تەوژم بەگۆشەی مانگ لە جووڵە بەسووڕەکەی بە دەوری زەویدا.
چۆن ئەم زیادبوونی بڕی تەوژم بەگۆشەیە کار دەکاتە سەر جووڵەی مانگ؟ بڕی تەوژم بەگۆشەی جووڵەی بەسووڕی مانگ، بریتییە لە:

$$I=mvr$$

که لەودا m بارستایی مانگ v خێراییەکەی و r نیوەتیرەی سووڕگەکەی مانگە. لەلایەکی ترەوە، یاسای کێشکردنی **نیوتن**، لەگەڵ فۆرمولی چەقەهێز دەمانگەیێنێت بەم ئەنجامە:

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

که لەودا M بارستایی زەوییە، کە وا بوو:

$$\frac{GM}{r} = v^2$$

لەم فۆرمولە و فۆرمولەکەی سەرەوە، بۆ بڕی I دەگەین بەم ئەنجامەی ژێرەوە:

$$r = \frac{I^2}{GMm^2}$$

و

$$v = \frac{GMm}{I}$$

هەروەها خوێنەر ئەگەر ناتوانێت تەواوکارییەکان بکات، دەتوانێت متمانە بە قسەی نووسەر بکات. لە فۆرمولەکانی سەرەوە دەگەین بەم ئەنجامە: "زیادبوونی بڕی تەوژم بەگۆشەی مانگ لە جوولەکەی بە دەوری زەویدا دەبێت ببێت بە هۆی زیادبوونی مەوداکەی لە زەوی و دابەزینی خێراییە هێڵییەکەی."

لە ڕووی هێواشبوونەوەی هەستپێکراوی زەوییەوە، دەکرێت هەژمار بکرێت کە پاشەکشێی مانگ یەک لەسەر سێی ئینچ (٨,٥ میلیمەتر)، لە هەر سووڕێکی تەواودایە. هەر بۆیە هەر کاتێک مانگی نوێ دەبینرێت لەچاو مانگی پێشوو، لە تۆ دوورترە. 1/3 ئینچ لە هەر مانگێکدا لەچاو مەودا ئەستێرەییەکان گۆڕانێکی بچووکە، بەڵام لەلایەکی ترەوە، کۆمەڵەی زەوی-مانگ دەبێت چەندین ملیارد ساڵ لەوەوپێش دروست بووبێت. بە کۆکردنەوەی ئەم ژمارە بچووکانە لەسەر یەکتری، **جۆرج داروین** گەیشت بەو ئەنجامەی کە لەنێوان چوار تا پێنج ملیارد ساڵ لەوەوپێش مانگ و زەوی دەبێت زۆر لە یەکتری

نزیک بووبێتن، تەنانەت ئاماژەی بەوە کرد لەوانەیە پێکەوە لکابێتن و یەک تەنیـان دروسـت کردبێـت (زەوی-مانـگ یـان مانـگ-زەوی). دابەشـبوونی ئەم یەک تەنە بە دوو تەن، لەوانەیە بە هـۆی هێـزی کێشـکردنی خـۆر یـان بە هـۆی ڕووداوێـکەوە سـاڵەها لەوەوپـێش لە کۆمەڵەی خۆردا ڕووی دابێت. گریمانەی **داروین** سەرچاوەی هەندێک گەنگەشەی دژبەیەکە لەناو ئەو زانایانەی کە حەزیـان لە لێکۆڵینەوەیە لە سـەرچاوەی مانـگ. لە کاتێکـدا هەنـدێک کەس لایەنگـری ئەم بیروباوەڕەن، هەندێک کەسی تر بە توندی دژن.

لەوانەیە تۆزێک سـەبارەت بە ئایینـدەی مانـگ، بەو شـێوەی کە بەپێی میکانیکیی ئاسمانی هەژمار دەکرێت، بگوترێت. یەکێک لە ئەنجامەکانی پاشەکشـێی بەرەبەرەی مانـگ، کە سـەرئەنجام بە ڕادەیەک لە زەوی دوور دەکەوێـتەوە، کە ئیـتر تەنـانەت ناکرێـت وەک جێگـرەوەیەک بـۆ فـانۆس لە شـەواندا بەکـار بێـت. هەروەهـا هەڵکشـان و داکشـانەکانی خـۆر بەرەبەرە خـولانەوەی زەوی هێـواش دەکـاتەوە (بەو مەرجەی زەریاکـان نەیبەسـتن!) و کاتێـک دەگـات، کە درێژیـی شـەو و ڕۆژ لە مانگێـک درێژتـر دەبێـت. ئەوکـات لێخشـاندنەکانی پەیوەندیـدار بە هەڵکشـان و داکشـانی مانـگ حەزیـان بە خێراترکردنـی خـولانەوەی زەوی دەبێت و بەپێی یاسـای پاراسـتنی بڕی تەوژم بەگوشـە، مانـگ دەسـت دەکـات بە گەڕانەوە بەرەو زەوی، تـا لە کۆتاییـدا بگـاتەوە بە هەمـان شـوێن، کە لە کـاتی لەدایکبوونیـدا لەوێ بـووە. لەم شـوێنەدا هێزەکـانی کێشـکردنی زەوی لەوانەیە مانـگ لە یەک هەڵـدڕێنێت و ئەڵقەیەک لە شێوەی زوحەل لە پارچەکانی بە دەوری زەویدا دروسـت ببێـت. بەڵام مێـژووی ئەم ڕووداوانە، وەک لە میکـانیکیی ئاسـمانییەوە هەژمـار دەکرێـت، بە ڕادەیەک دوورە، کە تـا ئەو کـاتە لەوانەیە خـۆر سووتەمەنییەکەی تەواو بووبێت و هەمـوو کۆمەڵەی خۆر لە تاریکیدا بن.

بەشی حەوتەم
سەرکەوتنەکانی میکانیکیی ئاسمانی

لە ماوەی یەک سەدەدا ئەو تۆیەی یاسای کێشکردنی گەردوونیی **نیوتن** و داهێنانی کالکلەسی جیاکاری و تەواوکاری چاندی، وەک دارستانێکی جوان و پڕگەشەی سەند. لە هەژمارکردنەکانی ماتماتیکزانە گەورە فەڕەنسییەکانی وەک **ژۆزێف لوی لاگرانژ** (١٧٣٦-١٨١٣) و **پیەر سیمۆن لاپلاس** (١٧٤٩-١٨٢٧)، میکانیکیی ئاسمانی گەیشت بە ئاستێکی بەرزی پەرەسەندن، کە تا ئەو کاتە زانست پێی نەگەیشتبوو. ئەم تیۆرییە کە سەرچاوەکەی یاسا سادەکانی **کێلپەر** سەبارەت بە جووڵەی هەسارەکان بوو و ڕاستیش دەبوو ئەگەر هەسارەکان تەنیا لەژێر کاریگەریی کێشکردنی خۆر دەجووڵان. بە لەبەرچاوگرتنی کرداری دووبەدوو یان پشێوییەکان نێوان هەسارەیی، گەیشت بەوپەڕی ئالۆزیی خۆی. هەڵبەت چونکە هەسارەکان زۆر بچووکترن لە خۆر، پشێوییەکانی ناو جووڵەکانیان بە هۆی کاردانەوەی کێشکردنی، زۆر بچووکە، بەڵام ئەگەر پێوانی وردی فەلەکیی لەئارادا بێت، دەبێت ئەم پشێویانە هەژمار بکرێن. ئەم جۆرە لە هەژمارکردن کاتێکی زۆر دەگرێت (لەمڕۆدا کۆمپیوتەرەکان کارەکەیان ئاسان کردووە). بۆ نموونە ئەستێرەناسێکی ئەمریکایی بە

ناوی **براون**، بە نزیکەیی بیست ساڵ کاتی بۆ هەژمارکردنی داتاکانی پێویست بۆ نووسینی سێ بەرگ کتێبی خشتەکانی مانگ دانا.
ئەم هەژمارکردنە زەحمەتاوییە، زۆر جار ئەنجامی بەهرەداری لێ دەکەوێتەوە. بە نزیکەیی لە ناوەڕاستی سەدەی نۆزدە، ئەستێرەناسێکی فەرەنسی بە ناوی **لڤوریە**، لە کاتێکدا هەژمارکردنەکانی خۆی سەبارەت بە جووڵەی *ئۆرانوس*، کە لە ساڵی ١٧٨١دا بە ڕێکەوت **ویلیام هێرشێل** دۆزیبوویەوە، لەگەڵ شوێنە بینراوەکانی شەستوسێ ساڵ دوای دۆزینەوەی بەراورد کرد، تێگەیشت دەبێت شتێکی هەڵە لەئارادا بێت. ئەم جیاوازییەی نێوان بینینەکان و هەژمارکردنەکان بە هەمان ڕادە بێزارکەر بوون، کە بیست چرکەی گۆشەیی هەیبوو (گۆشەی کەسێک کە لە شازدە کیلۆمەتریدا وەستاوە)، هەروەها ئەم جیاوازییە لە دەرەوەی هەر چەشنە هەڵەی بینین یان تیۆری بوو، **لڤوریە** تێگەیشت کە جیاوازییەکە پەیوەندیی بە هەسارەیەکی نەناسراوەوە هەیە، کە لە دەرەوەی ڕێچکە *ئۆرانوس* دەجووڵێت و هەوڵی دا بزانێت بارستایی ئەم هەسارە گریمانەییە دەبێت چەندێک بێت و دەبێت چۆن بجووڵێت، تا لادانی هەستپێکراو لە جووڵەی *ئۆرانوس* پاساوی پێ بدرێتەوە. لە پاییزی ساڵی ١٨٤٦دا، **لڤوریە** لە نامەیەکدا بۆ **گالە**، لە *ڕوانگەی بەرلین* ئاوای نووسیی: "تەلیسەکۆپەکەی خۆت بەرەو خاڵێک لە بازنەی بورجەکان، لە ڕوخساری فەلەکی سەتڵ لە درێژی جیۆگرافیی ٣٢٦٠ ئاڕاستە بکە، تا لە ناوچەیەکی یەکپلەیی لە دەوری ئەو خاڵەدا، هەسارەیەکی نوێ ببینیت، کە بە نزیکەیی هاوشێوەی ئەستێرەیەکە لە گەورەیی نۆیەم و دیسکێکی ڕوونی هەیە."
گالە هەر ئەو کارەی کرد؛ هەسارە نوێیەکە، کە ناوی *نێپتۆنی* لێ نرا، لە شەوی ١٨٤٦/٩/٢٣دا دۆزرایەوە. ئەستێرەناسێکی بەریتانیایی بە ناوی **ئادامز**، لە دۆزینەوەی ماتماتیکیی *نیپتۆن* لەگەڵ **لڤوریە**دا هاوکار بوو، بەڵام کاتێک هەژمارکردنەکانی خۆی گەیاند بە دەست **چالیس** لە

ڕوانگەی کەمبریج، بۆ بینین بە ڕادەی پێویست خێرا نەبوو، هەر بۆیە لەوانی تر دواکەوت.

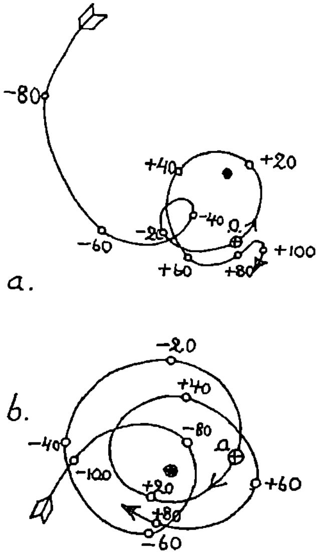
هاوشێوەی ئەم چیرۆکە، بەڵام بە شێوەیەکی تر، لە نیوەی یەکەمی ئەم سەدەیە دووبارە بووەوە؛ دوو ئەستێرەناسی ئەمەریکایی، **پیکرینگ** لە *ڕوانگەی هارڤارد* و **پرسیڤال لاوێل** دامەزرێنەری *ڕوانگەی لاوێل* لە *ئاریزۆنا*، خەریکی گەنگەشە بوون لەسەر ئەوەی کە پشێوییەکانی جووڵەی *ئۆرانۆس* و نیپتۆن ئەوە دەگەیەنێت، کە دووبارە هەسارەیەکی تر لەودیو *نیپتۆن*ەوە هەبێت. بەڵام دوای دە ساڵ، ئەم هەسارە کە ئێستا ناوی *پلوتۆی* لێ نراوە و لەوانەیە مانگێکی هەڵهاتووی نیپتۆن بێت، لە ساڵی ١٩٣٠دا لە لایەن **تامبوغ**ەوە لە *ڕوانگەی لاوێل* دۆزرایەوە.

نموونەیەکی سەرنجڕاکێشی تر لە دروستیی ئەنجامەکانی میکانیکیی ئاسمانی، بەکارهێنانی هەژمارکردنەکانی کاتی گیرانەکانی مانگ و خۆرە بۆ دانانی مەرجەعی مێژوویی لەسەر ڕووی زەوی. لە ساڵی ١٨٨٧دا، ئەستێرەناسی نەمساوی **تیۆدۆر فۆن ئۆپولستەر**، خەشتەیەکی بڵاو کردەوە، کە هەموو داتا هەژمارکراوەکانی هەموو گیرانەکانی خۆر و مانگی لە سەردەمانی کۆنەوە و لە ساڵی ١٢٠٧ی پێش زایینەوە بۆ ساڵی ٢١٦٢ی زایینییەوە تێدا بوو. سەرجەم هەشت هەزار گیرانی خۆر و پەنجاودوو هەزار گیرانی مانگ تۆمار کرابوو. بە بەکارهێنانی ئەم داتایانە، دەکرێت تێبگەین کە بۆ نموونە چوار ساڵ لە ڕۆژژمێرەکەی خۆماندا لەدواوەوەین. هەڵبەت بەگوێرەی بەڵگە مێژووییە تۆمارکراوەکان، مانگ بۆ پرسەی مەرگی **هێرۆد شای** یەهوود گیرا، کە لە ساڵی کۆتایی پاشایەتییەکەی فەرمانی دەرکرد هەموو منداڵانی شاری بێت *لە*حم بەو ئومێدەی مەسیحی کۆرپەشی لەناودا بێت، بکوژن. بەپێی خشتەکەی **ڤۆن ئۆپلستەر**، تاکە گیرانێکی مانگ کە لەگەڵ ئەم مێژووەدا دەگونجێت، لە ١٣ی مانگی ئازار (هەینی؟)ی ساڵی ٣ی پێش زایین ڕووی داوە، ئەمە دەمانگەیەنێت بەو

ئەنجامەی، **عیسای مەسیح** چوار ساڵ زووتر لەوەی ڕۆژژمێری ئاسایی پیشانی دەدات، لەدایک بووە.
یەکێکی تر لە مانگگیرانە گرنگەکان دەگەڕێتەوە بۆ ٦ی نیسانی ساڵی ٦٤٨ی پێش زایین، کە هەڵی جێگیرکردنی وردی کۆنترین مێژوو، لە مێژوونووسی یۆنانیدا پێمان دەدار و مانگگیرانی ساڵی ٩١١ی پێش زایین، کە تۆمارکردنی مێژووی ئاشوورییەکان دەردەخات.
شتێک کە بۆ ئێمەی دانیشتوانی زەوی سەرنجڕاکێشە، هەژمارکردنی پشێوییەکان لە ڕێچکەی مانگ بە هۆی هەسارەکانی ترەوەیە. سووڕگەی شێوە هێلکەی زەوی بە دەوری خۆردا زۆر نەگۆڕ نییە وەک بارێک ئەگەر زەوی هەسارەیەکی تەنیا بوایەت، بەڵکو بە هێواشی بە هۆی کاریگەریی هێزە کێشکردنەکانی ئەندامەکانی تری کۆمەڵەی خۆرەوە دەلەرێتەوە و پرتە دەکات. لە بەشی پێنجەمدا بینیمان لەنجەی تەوەری مانگ-خۆر، تەوەری سووڕانەی مانگ لەسەر ڕووبەری قووچەکێک لە فەزادا دەسووڕێنێتەوە، کە ماوەی سووڕانەوەکەی ٢٥٨٠٠ ساڵە.
سەرەڕای ئەوە، سووڕگەی زەوی بە هۆی هێزی کێشکردنی هەسارەکانی تری کۆمەڵەی خۆرەوە، لادان لە ناوەند و لارییەکەی خۆی لە فەزادا دەگۆڕێت. گۆڕانکارییەکان دەکرێت بە وردیی زۆرەوە بە میتۆدەکانی میکانیکیی ئاسمانی هەژمار بکرێت؛ ئەم گۆڕانکارییانە بۆ ماوەی ١٠٠٠٠٠ ساڵ لەوەوپێش و ١٠٠٠٠٠ ساڵی داهاتوو، کە لەوێنەی ١٨دا پیشان دراوە. بەشی سەرەوەی ئەم وێنەیە گۆڕانکاریی لادان لە ناوەندی سووڕگەی زەوی و خولانەوەی تەورە درێژەکەی پیشان دەدات. سووڕگەی زەوی هەرچەند بە شێوەی هێلکەییە، بەڵام زۆر لە بازنە دوور نییە، بە جۆرێک تیشکۆکانی زۆر نزیکن بە ناوەند ئەندازەییەکەی هێلکەکە. بازنەی بەجووڵەی سپی، جووڵەی تیشکۆکە بەگوێرەی ناوەندی سووڕگەکە (خاڵە ڕەشە گەورەکە) پیشان دەدات. کاتێک کە دوو خاڵە تیشکۆکە لە یەکەوە دوورن، لادان لە ناوەندی

ســوورگەکە گەورەیە و کـاتێکیش ئەم دوو خـاڵە لە یەکتـری نـزیکن، لادان لە ناوەند بچووکە و هەر کاتێکیش ئەم دوو خاڵە بکەونە سـەر یەک، هێلکە دەبێت بە بازنە. لە سکێڵی ئەم شێوەیە تیرەی سـوورگەکە ٧٦ سانتیمەترە.

بەشـی خـوارەوەی وێنەکە، گۆڕانی لاربـوونی سـوورگەکە بەگوێرەی ڕووبەرێکـی نەگـۆڕ لە فەزادا پیشـان دەدات. ئەوەی لێـرەدا پیشـان دراوە، جـوولەی خـاڵی یەکتربـڕی سـتوونییە لەسـەر ڕووبەری سوورگەی ئەستێرە نەگۆڕەکان. دەبینین کە ٨٠٠٠٠ ساڵ پێش ئێستا لادان لە ناوەنـدی زەوی زۆر بـووە و ئێسـتا زۆر بچـووکترە (بـازنە خاچـدارەکە لە نـاو وێـنەکە) و لە ٢٠٠٠٠ سـاڵی داهاتووشـدا بچووکتریش دەبێتەوە.

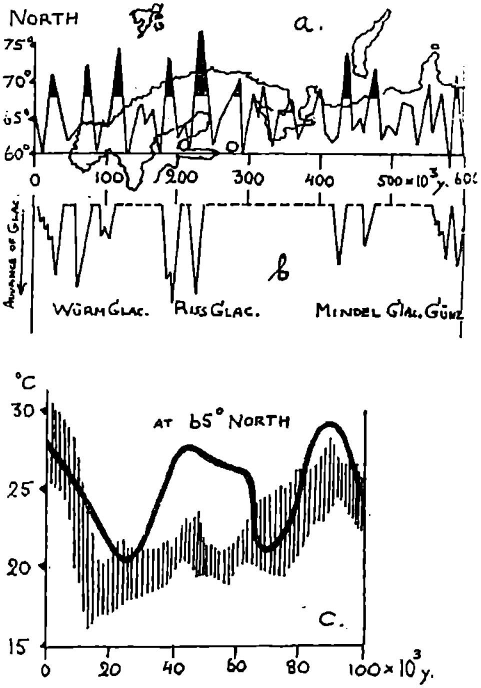


وێنەی ١٨: گۆڕانی لادان لە ناوەند (a) و لادانی (b) سوورگەی زەوی، کە بە هۆی پشێوییە هەسارەییەکانەوە دروست دەبێت، وێنەکان هەزاران ساڵ لە ڕابردوو و داهاتوو پیشان دەدەن

گۆڕانکاری لە سوورگەی زەویدا کاریگەریی قووڵ لەسەر کەشوهەوا دادەنێت.
زیادبوونی لادان لە ناوەند، ڕێژەی نێوان لایەنی کەم و لایەنی زۆری مەودای دووری لە خۆرەوە دەگۆڕێت، گۆڕانێک کە دەبێت بە هۆی زیادبوونی جیاوازیی پلەی گەرمی لە زستان و لە هاویندا. زیادبوونی لاریی تەوەری زەوی بەگوێرەی ڕووبەری سوورگەکەی، زیادبوونی جیاوازی پلەی گەرمیی هاوینە و زستانەی لێ دەکەوێتەوە، چونکە لەڕاستیدا دەزانین ئەگەر تەوەرەی سوورانەی زەوی ستوون بێت، لەسەر ڕووبەری سوورگەکەی، پلەی گەرمیی زەوی لە هەموو ساڵەکەدا بە نەگۆڕی دەمایەوە. ئەستێرەناسی سڕبیایی **میلانکۆڤیچ**، لە ساڵی ١٩٣٨دا هەوڵی دا تا ئەم جیاوازییە لە پلەی گەرمیدا بۆ شیکاری سەردەمەکانی سەهۆڵبەندان بەکار بهێنێت، کە لەو کاتەدا ڕووبەری سەهۆڵاویی لە باکوور بەردەوام لە پلاتەکاندا کەم و زیاد دەبوون. **میلانکۆڤیچ** هەمان هەژمارکردنەکانی **لڤوریە**ی بەکار هێنا، کە هاوشێوەی ئەوە لە وێنەی ١٨دا ڕوون کراوەتەوە، بەڵام ٦٠٠٠٠٠ ساڵ بۆ دواوە گەڕایەوە. **میلانکۆڤیچ** پێوەرەکەی خۆی بڕی گەرمایەکی هەڵبژارد کە ئێستا لە خۆرەوە لە ماوەی مانگەکانی هاوین لە پانیی جیۆگرافیی 650 باکووری دەکەوێت لەسەر ڕووبەری زەوی و بۆ سەردەمانی ڕابردوو هەژماری کرد، دەبێت تا چ ڕادەیەک بەرەو باکوور یان باشوور دەبێت بڕۆین، تا هەمان بڕ گەرمامان دەست بکەوێت. ئەنجامی ئەم هەژمارکردنانە لە وێنەی ١٩ a پیشان دراوە، کە دەکەوێتە سەر کەنارەکانی باکووری *ئەورووپا-ئاسیا*.
زۆرترینەکان پیشاندەرەی دابەزینێکی گەورە لە گەرمای خۆردایە، لە کاتێکدا کەمترینەکان زیادبوونەکان پیشان دەدات. هەر بۆیە، بۆ نموونە کەمێک زیاتر لە سەد هەزار ساڵ لەوەوپێش، بڕی گەرمایەک دەگەیشت بە پانیی جیۆگرافیی شەشسەد و پەنجا (ناوەڕاستی *نەرویژ*)، نزیک بووە لەو گەرمایەی ئێستا دەگات بە پانیی جیۆگرافیی تێپەڕیو لە سپیتزبێرگ. لەلایەکی ترەوە، تەنیا دە هەزار ساڵ پێش

ئێستام نەرویـژی ناوەنـدی بـارودۆخی خـۆری ئێسـتای *ئۆسـلۆ* و *سـتۆکهۆلمی* هەبـووە. چەمـاوەی ١٩ b زیـادبوونی سـەهۆڵەکان بە وشێوەیەی داتاکانی زەویناسی دەیڵێت، پیشـان دەدات، وەک دەبینین یەک خوێندنەوەی ئەم دوو چەماوەیە بەڕاستی سەرنجڕاکێشە.

چەماوەی وێنەی ١٩ c، کە پەیوەندیی تەنیا بە دوایین سـەد هەزار سـاڵەوە هەیە، لە ساڵی ١٩٥٦دا لە لایەن **هانس سوس** لە *زانکۆی کالیفۆرنیا* بڵاو بووەتەوە و پلەی گەرمیی ئاوی زەریاکان لە چاخەکانی زەویناسیی ڕابردوودا پیشـان دەدات، کە بە میتۆدێکی زیرەکانە یەکەم جار لە لایەن زانای ناسراوی ئەمەریکایی، **هاریلەد** لە ساڵی ١٩٥١دا پێشنیاز کرا، خەملێنراوە.



وێنەی ١٩: بەراوردی چەماوەکانی کەشوهەوای میلکانۆڤیچ (a) لەگەڵ پەرەسەندنی ناوچە سەهۆڵییەکانی ڕابردوو (b) و پلەی گەرمیی کۆنی زەریاکان (c)

ئەم شێوازە بەندە لەسەر ئەو ڕاستییەی کە ڕێژەی ئایزۆتۆپەکانی قورس و سووکی ئۆکسیجن (O^{16}, O^{18}) لە نیشتنی لیتەکانی کاربۆناتی کالسیۆم ($CaCO_3$)، بەندە لەسەر پلەی گەرمیی ئاو لەو سەردەمەدا. هەر بۆیە بە پێوانی O_{18}/O_{16} لە لیتەکانی قووڵایی جۆراجۆرەکانی زەریاکان، دەکرێت پلەی گەرمیی ئاو لە سەد هەزار ساڵدا بە هەمان وردی کە گەرمیپێوێک لە کەشتییەکەوە دەبرێت بۆ قووڵایی دەریا، بپێورێت. چەماوی پلەی گەرمای **سوس** بۆ ئاوی زەریاکان بۆ سەد هەزار ساڵی ڕابردوو لەگەڵ بەشێک لە چەماوەی میلکانۆڤیچ، کە بۆ هەمان سەردەم هەژمار کراوە، بە ڕادەیەکی ژیرانە ڕاستە. هەر بۆیە سەرەڕای ڕەخنەی هەندێک لە کەشناسەکان کە "جیاوازییەکی چەند پلەیی لە گەرمادا ناکرێت سەردەمی سەهۆڵبەندانەکانی دروست کردبێت"، وا دیارە **میلکانۆڤیچ** ڕاست بووە. هەر بۆیە دەبێت بگەین بەو ئەنجامەی کە هەرچەندە هەسارەکان کاریگەرییان لەسەر ژیانی خەڵک نییە (بەو شێوەیەی بەختبینەکان و ئەستێرەگەرەکان بڕوایان پێیەتی)، بەڵام بە دڵنیاییەوە کاریگەرییان لەسەر ژیانی مرۆڤ، گیانداران و ڕووەکەکان لە ماوەی دووروودرێژی مێژووی زەویناسیدا هەبووە.

بەشی هەشتەم
دەربازبوون لە کێشکردن

ئەم گوتەیە کە "هەر شتێک دێتە سەرەوە دەبێت بچێتە خوارەوە"، گوتەیەکی کۆن و کلاسیکە و ئیتر ڕاست نییە. هەندێک لەو مووشەکانەی کە لەم ساڵانەی دواییدا لە ڕووبەری زەوییەوە هاوێژراون، بوونە بە مانگی دەستکرد بە تەمەنی هەمیشەییەوە، هەندێکیشیان بۆ هەمیشە لە فەزای نێوان هەسارەییدا ون بوون. بە بەکارهێنانی پەستانی کێشکردنی، کە لە بەشی چوارەمدا باسمان کرد، بە ئاسانی دەکرێت ئەو خێراییە هەژمار بکەین، کە بەو خێراییە دەبێت تەنێک لەسەر ڕووبەری زەوییەوە بهاوێژرێت تا هەرگیز نەگەڕێتەوە. بینیمان کە کاری پێویست بۆ بردنەسەرەوەی تەنێک بە بارستایی m لەسەر ڕووبەری زەوییەوە بۆ دووریی R لە ناوەندەوە لەم فۆرمولەی ژێرەوە دەدۆزرێتەوە:

$$GMm(\frac{1}{R_0}-\frac{1}{R})$$

لێرەدا G هێندەی نەگۆڕی کێشکردن، M بارستایی زەوی، m بارستایی تەن و R_0 بریتییە لە نیوەتیرەی زەوی. بۆ ئەوەی تەن

بکەویتە ئەودیوی خالّی گەڕانەوەکەی، دەبیت $R = \infty$ (بیکۆتایی) واتە $\frac{1}{R} = 0$. بۆیە کاری ئەنجامدراو لەم بارەدا بریتییە لە:

$$\frac{GMm}{R_0}$$

لە لایەکی ترەوە، جووڵەوزەی تەنێک بە بارستایی m و خێرایی vوە، یەکسانە بە:

$$\frac{1}{2}mv^2$$

بۆ ئەوەی بڕی وزەی پێویست فەراهەم ببێت تا زاڵ ببێت بەسەر کێشکردنی زەوی، دەبێت ئەم مەرجەی ژێرەوە تێر بکرێت:

$$\frac{1}{2}mv^2 \geq \frac{GMm}{R_0}$$

لێرەدا نیشانەی $\geq$ پیشاندەری گەورەبوون یان یەکسانبوونە، چونکە m لە هەردوو لای هاوکێشەکە دەسڕێتەوە، ئێمە دەگەین بەو ئەنجامەی کە خێرایی پێویست بۆ هاوێشتنی تەنێک بۆ دەربازبوون لە کێشکردنی زەوی، پەیوەندیی بەوەوە نییە مادەکە سووک یان قورس بێت.

لە هاوکێشەی سەرەوە دەکرێت ئەمەی خوارەوە بدۆزرێتەوە:

$$v \geq \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$$

بە دانانی $M=6.97x10^{27}$ و $R_0 = 6.37x10^8$ و $G=6.66x10^{-8}$، خێراییەکە دەدۆزینەوە کە یەکسانە بە 11.2km/s یان 25000 miles/hour. بەمە دەگوترێت خێرایی دەربازبوون (Escape Velocity)، کە کەمترین خێراییە بۆ ئەوەی تەنێک بڕوات و نەگەڕێتەوە.

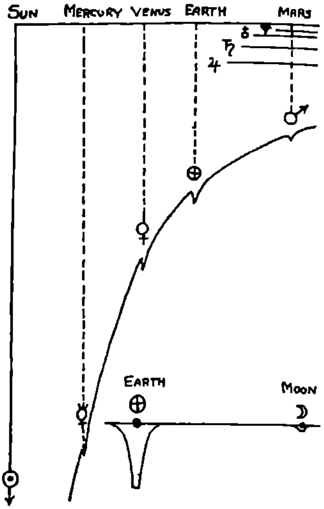
هەڵبەت بە بوونی بەرگەهەوای زەوی، بارودۆخەکە ئاڵۆزتر دەبێت؛ ئەگەر گوللەتۆپێک بە خێرایی دەربازبوونی پێویست، لە زەوییەوە

هاوێژرابێت، وەک ئەوەی لە کتێبە زانستییە خەیاڵییە فەرەنسییە بەناوبانگەکەی **ژوول ڤێرن**، *گەشت بە دەوری مانگدا*، باس دەکرێت، گوللەکە هەرگیز نەگەیشتووەتە مەقسەد. بە پێچەوانەی باسکردنەکەی **ژوول ڤێرن**، وەها گوللەیەک بە هۆی گەرمای لێخشاندنی هەواوە دەتوێتەوە و پارچەکانی بە لەدەستدانی وزەی سەرەتایی بەر دەبنەوە بەرەو زەوی. لێرەدایە باشیی مووشەکێک بەسەر گوللەتۆپدا بەدەر دەکەوێت. مووشەک لەسەر سەکۆکەی خۆییەوە بە هێواشی دەهاوێژرێت و بەرەبەرە کە بەرەو سەرەوە دەڕوات، خێراییەکەی زیاد دەبێت. بەم شێوە لە چینە چڕەکانی زەوی بە خێراییەکەوە تێپەڕ دەبێت، کە لەو خێراییەدا گەرمای لێخشاندن هێشتا زۆر بەرچاو نییە و خێرایی تەواو لەو شوێنەدا بەدەست دەهێنێت، کە بەرگرییەکی زۆر لە بەرانبەر فڕینەکە لەئارادا نەماوە. هەڵبەت لێخشاندنی هەوا لە سەرەتای فڕینەکەدا هەندێک لە وزەکەی دادەبەزێنێت، بەڵام ئەم دابەزینە تا ڕادەیەک کەمە.

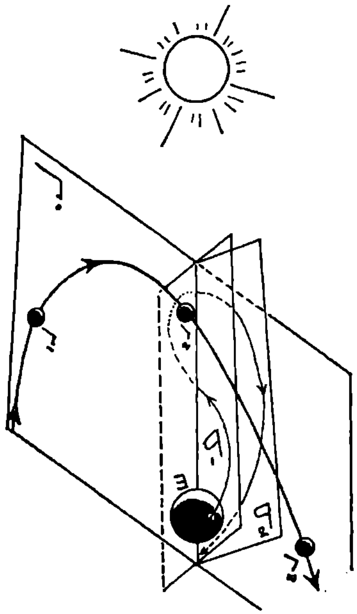
ئێستا دەتوانین تێبگەین، کاتێک مووشەکێک لە بەرگەهەوای زەوییەوە تێپەڕی و هەموو سووتەمەنییەکەی خۆی تەواو کرد و گەشتەکەی لە فەزادا دەست پێ کرد، چی ڕوو دەدات. لە وێنەی ٢٠دا چەماوەی پەستانی کێشکردنی لە ناوچەی هەسارەکانی ناوەوەی کۆمەڵەی خۆر (*عەتارد*، *ڤینوس*، *زەوی* و *مەریخ*) پیشان دراوە، سلۆپی سەرەکی بە هۆی ڕاکێشانی کێشکردنی خۆرەوەیە، کە بڕەکەی یەکسانە بە $\frac{GM_s}{r}$ (M_s بارستایی خۆرە و r مەودای دووریی مووشەکەکەیە لە خۆرەوە)، لەسەر ئەم سلۆپە، "چاڵییە کێشکردنییەکان" کاریگەریی کێشکردنی تایبەت بە هەسارەکانی ترە. قووڵیی چاڵەکان بە سکێڵی دروست پیشان نەدراوە، فراوانییەکەی بە زەقی کێشراوە، چونکە ئەوکات بە شێوەی هێڵی ستوونی دەردەکەوت. لە سووچی چەپی لای خوارەوە، بڵاوبوونەوەی پەستانی کێشکردنی لە فەزای نێوان زەوی و مانگ پیشان دراوە (لە سکێڵی زۆر گەورەتردا). چونکە مەودای زەوی

تا مانگ زۆر بچووکترە لە مەودای زەوی تا خۆر، گۆڕانی کێشکردنی خۆر لەم ناوچەدا بە کردەوە هەستی پێ ناکرێت. هەر بۆیە بۆ ناردنی مووشەکێک بۆ مانگ دەبێت تەنیا زاڵ ببین بەسەر کێشکردنی زەویدا و خێرایی پێویست بۆ بڕینی پاشماوەی دووریەکە لە کاتێکی گونجاودا هەبێت. لە ئۆکتۆبەری ساڵی ١٩٥٩دا، ڕووسەکان ئەم کارەیان بە باشترین شێوەی مومکین بەئەنجام گەیاند و توانییان وێنە لەودیوی مانگ بگرن. وێنەی ٢١ ڕێچکەمووشەکی *لونیک* لە چوون و هاتنەوەدا پیشان دەدات.

ئەو مووشەکانەی ئامانجیان هەسارەکانی تری کۆمەڵەی خۆر بێت دەبێت نەک تەنیا زاڵ بین بەسەر کێشکردنی زەویدا، بەڵکو دەبێت ڕاکێشانی خۆریش پووچ بکەنەوە. کاتێک مووشەک بە خێراییەکی بچووک لە کێشکردنی زەوی دەرباز دەبێت، ناچارە لەسەر سوورگەکەیەک بە دەوری زەویدا بسووڕێتەوە و ئیتر نە نزیک و نە دوو بە خۆر نابێتەوە.



وێنەی ٢٠: سلۆپی پەستانی کێشکردن لە نزیک خۆر، لە خوارەوە و لای ڕاست کێشکردنی زەوی-مانگ دەبینرێت



وێنەی ٢١: ڕێچکەی سووڕانەوەی یەکەم مووشەک بە دەوری مانگدا

بۆ ئەوەی لە سووڕگەی زەوی دوور بکەوێتەوە، مووشەکەکە دەبێت خێرایی پێویستی بۆ سەرکەوتن بەسەر سلۆپی چەماوەی کێشکردنی خۆردا هەبێت.

وەک لە وێنەی ٢٠دا دەبینرێت، بەرزییەک کە بۆ گەیشتن بە ڕێچکەی مانگ دەبێت ببڕدرێت، ٦,٥ جار گەورەترە لە قووڵیی کێشکردنی زەوی. چونکە جووڵەوزە بەگوێرەی دووجای خێرایی زیاد دەبێت، خێرایی وەها مووشەکێک لانیکەم دەبێت بەم شێوە بێت:

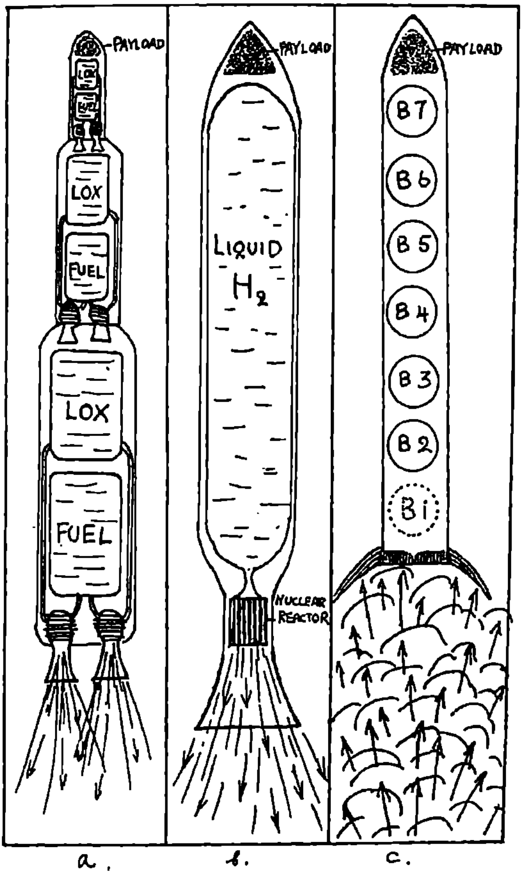
$$11.2\sqrt{6.5} = 28\frac{Km}{s}$$

بۆچی کارەکە ئاسانتر نەکەینەوە، لەجیاتیی سەربکەوین بۆ *مەریخ*، دابەزین بۆ *ڤینوس*؟ خۆشییەکەی ئەوەیە کە بۆ مووشەکە هاوێژراوەکان بەربوونەوە لە سلۆپەکان ڕێک بە هەمان ڕادەی سەرکەوتن پێیاندا قورسە. خاڵی گرنگ بریتییە لەوەی، کە مووشەک

دوای دەربازکردنی کێشکردنی زەوی، ناچارە لە سووڕگەی زەویدا جێگیر ببێت. ئەگەر پێویست بکات مووشەکەکە لە خۆر دوور بکەوێتەوە، دەبێت خێراییەکەی بە ڕادەیەکی زۆر زیاد ببێت، ئەمەش پێویستی بە بڕێکی زۆر سووتەمەنی دەبێت. بەڵام نزیکبوونەوە بە خۆر لەمە ئاسانتر نییە، چونکە مووشەکەکان کە لە فەزای بۆشدا دەجووڵێن ناتوانن بۆ کەمکردنەوەی خێراییەکەیان ستۆپ بکەن. واتە ئەو کارەی لە ئۆتۆمبیلدا دەکرێت؛ خێراییەکەی تەنیا کاتێک دەکرێت داببەزێت، کە مووشەکەکە شلەگازێک بۆ پێشەوە دەربدات، بۆ ئەمەش پێویست دەکات هەمان بڕ سووتەمەنی کە بۆ پێشەوەچوون پێویستە، بەکار بهێنرێت. بەڵام چونکە ڕێچکەی *ڤینۆس* نزیکترە لە ڕێچکەی *مەریخ*، جیاوازیی پەستانی کێشکردنی تەنیا پێنج بەرانبەری قووڵایی کێشکردنی زەوییە و هەر بەو ڕادەیە کارەکە ئاسانترە؛ لە ١٢ی فیبریوەریی ساڵی ١٩٦١دا، ڕووسەکان مووشەکێکیان بەرەو *ڤینۆس* نارد، کە ئەم مووشەکە هەرگیز نەگەڕایەوە.

هەموو ئەو مووشەکانەی کە تا ئێستا بۆ فەزا نێردراون، بە سووتەمەنیی کیمیایی ئاسایی نێردراون و بەگوێرەی هاوێشتنی چەند قۆناغی، کە لە وێنەی ٢٢ aدا پیشان دراوە، بووە. چەندین مووشەک بە قەبارەگەلی بچووکتر لە یەکتری لەسەر یەکتری دانراون و سەفەر بە بەکارخستنی بزوێنەرەکانی یەکەم قۆناغ، واتە گەورەترین مووشەک کە لە خوارەوەدایە، دەست پێ دەکات. کاتێک ئەم ستوونە تۆتەمییە نوێیە زۆرترین خێرایی بەدەست هێنا و هەمبارەکانی سووتەمەنی قۆناغی یەکەم بە تەواوەتی بەتاڵ بووەوە، ئەم بەشە لە باقیی مووشەکەکە جیا دەبێتەوە و بزوێنەرەکانی مووشەکی قۆناغی دووەم دەکەوێتە کار. ئەم پرۆسەیە تا ئەو کاتە درێژەی دەبێت کە دواین قۆناغ، کە بریتییە لە ئامێرەکانی پێوان، مشک و مەیموون یان مرۆڤ، دەگات بە خێرایی پێویست.

هەڵێکی تر لە لێکۆڵینەوە قووڵەکانی ئێستا بەکارهێنانی وزەی ناوکییە.



وێنەی ٢٢: (a) مووشەکێکی کیمیایی ئاسایی، (b) مووشەکی ناوکی ئاسایی، (c) مووشەکی ناوکی نائاسایی

دەبێت ئاگەدار بین کە هاوێشتنی کەشتیی فەزایی هەندێک کێشەی دێتە ڕێ، کە بە تەواوەتی جیاوازە لە کێشەکانی هاوێشتنی کەشتیی دەریایی یان ئاسمانی. بۆ ئەم کەشتییانەی دوایی ئەوەی پێویستە تەنیا وزەیە، چونکە ئەم کەشتییانە پەستان دەخەنە سەر دەوروبەری خۆیان، جا چ ئاو بێت یان هەوا، ئەم جار بەرەو پێشەوە دەچن. بەڵام

له بۆشاییدا ناکرێت پەستان دروست بکرێت و کەشتییە فەزاییەکان بە هۆی مادەیەکی دیاریکراوەوە، کە لە نوزڵەکانەوە دەری دەکەن، بەرەو پێشەوە دەچن. لە مووشەکەکان بە سووتەمەنیی کیمیایی ئاساییەوە، بارودۆخەکە بریتییە لەوەی کە وزە بە هۆی کارلێکی کیمیایی نێوان سووتەمەنی و مادەیەکی ئۆکسایدی، کە لە دوو هەمباری جیاوازی کەشتییەکەدان، بەرهەم دێت و بەرهەمی ئەم کارلێکە مادەیەکە کە لە نازۆڵی کەشتییەکەوە دێتە دەرەوە. بەڵام باشیی بەکارهێنانی بەرهەمەکانی پرۆسەی وزەزێ وەک مادەی فڕێدراو بەم راستییە پووچ دەبێتەوە، کە بەرهەمەکانی سووتاندن (زۆرتر گازی کاربۆنیک و هەڵمی ئاو) لە مۆلکیولی تا ڕادەیەک قورس بەرهەم هاتوون. تیۆری عەرەبانە مووشەکییەکان ئەوە دەگەیەنێت کە چوونەپێش لەگەڵ زیادبوونی کێشی مۆلکیوڵەکانی سووتەمەنیی مووشەکەکە دادەبەزێت. هەر بۆیە باشتر وایە بۆ مووشەکەکان توخمی سووکتر، بۆ نموونە هایدرۆجین، بەکار بهێنرێت، بەڵام هەڵبەت چونکە هایدرۆجین تەنیا یەک توخمە، لە ئەنجامدا هیچ سووتانێک دروست نابێت. لەگەڵ ئەوەشدا کارێک کە دەکرێت بکرێت، بردنی هایدرۆجینە تەنیا لە یەک هەمبار و گرمکردنیەتی بە هۆی جۆرێک ڕیاکتەر تا پلەی گەرمیی زۆر بەرز. شێوەی گشتی وەها مووشەکێکی ناوکی لە وێنەی ٢٢ bدا پیشان دراوە.

پێشنیازێکی تر بۆ بەکارهێنانی وزەی ناوکی لە هاوێشتنی مووشەکدا، کە سەرەتا لە لایەن د. ستانیلا پولم، لە *تاقیگەی زانستیی لوسئالاموس* پێشنیاز کرا، لە وێنەی ٢٢ cدا پێشنیاز کراوە. جەستەی مووشەکەکە پڕە لە ژمارەیەکی زۆر بۆمبی ئەتۆمیی بچووک، کە یەک لەدوای یەک لە نازۆڵی دواوە فڕێ دەدرێن و لە مەودایەک لە مووشەکەکە دەتەقێنەوە. گازە زۆر خێراکانی بەرهەمهاتوو لە تەقینەوەی مووشەکەکان مووشەکەکە لە خۆیاندا نوقم دەکەن، کە فشارێک دەخەنە سەر دیسکێک لەدوای مووشەکەکە. ئەم لەقە یەک

لەدوای یەکـانە مووشـەکەکە خێـرا دەکەن، بە ڕادەیەک کە بگـات بە خێرایـی پێویسـت. لێکۆڵینەوە سـەرەتاییەکان سـەبارەت بەم میتـۆدی هاویشـتنە، پیشـان دەدات لەوانەیە باشـتر بێت لە پاڵنـانی ڕیـاکتۆری هایدرۆجین.

قورسـە لە کتێبێکـی نـاتەکنیکیی وەک ئەم کتێبە، هەمـوو هەلەکـانی ئاسۆی پێشکەوتنی فڕینی فەزایی باس بکرێت، هەر بۆیە ئەم بەشە بە جەختکـردنەوە لەسـەر یەک خـاڵ کۆتـایی پـێ دەهێنـین. بە نـاردنی کەشـتییە فەزاییەکـان بـۆ شـوێنە دوورەکـانی کـۆمەڵەی خـۆرەکەی خۆمـان (لەوانەیە ئەودیویشـی)، لەگەڵ دوو گرفتـی بە زەقـی جیـاواز ڕووبەڕوو دەبـن: یەکەم، چـۆن لە کێشـکردنی زەوی دەربـاز بـبن؟ دووەم، چـۆن دوای دەربـازبوون خێرایـی پێویسـت بـۆ گەیشـتن بە مەقسـەد بەدەسـت بهێنن؟ تـا ئێسـتا هەمـوو هەوڵەکان لەم ئاڕاسـتەدا سنووردار بووە. بەم ئەرکە کە خێرایی سـەرەتایی پێویست بدرێت تـا لەو خێـراییە لە کـاتی دەربـازبوون لە کێشـکردنی زەوی دەمێنێـتەوە، بکرێت بگات بە شوێنێکی تر. لەگەڵ ئەوەشدا دەکرێت ئەم دوو ئەرکە لە یەکتری جیا بکرێنەوە و ڕێگەی هاویشتنی جۆربەجۆر بۆ قۆنـاغی یەکەم و دووەم بەکار بهێنرێت.

دوور کەوتنەوە لە زەوی پێویستی بە کردارێکی توندە، چونکە ئەگەر لێـدانی بزوێنەرەکـان بە ڕادەی پێویسـت نەبێـت، مووشـەکەکە تەنیـا پرتەپرتێـک دەکـات و لە سـەکۆی فـڕین بەرز نـابێتەوە. لێـرەدا میتۆدەکـانی هاوێشـتنی کیمیـایی یـان نـاوکیی زۆر بەهێـز پێویسـت دەبێت. یەک جار کە کەشتیی فەزایی لە زەوی بەرز بووەوە و لەسـەر ڕێچکەیەکی سـەتەلایتی لە دەوری زەوی جێگیر بوو، بارودۆخەکە بە تەواوەتـی جیـاواز دەبێـت. ئێسـتا ئیتـر کـاتی پێویسـت بـۆ تـاودانی کەشـتیی فەزایـی لە بەردەسـتدا دەبێـت و دەکرێـت میتۆدەکـانی هاوێشتنی هێواشتر و کەمخەرجتر بەکار بهێنرێت. هەروەهـا دەکرێت وزەی کیمیایی یان ناوکی، یان لەم بارەدا وزەی تیشکی خۆر بەکار

بهێنرێت، بەڵام ئیتر پەلەپەلی ناوێت و مەترسیی کەوتنەخوارەوەی مووشەکەکەش لەئارادا نییە. کەشتییەکی فەزایی کە لە سوورگەیەک بە دەوری زەویدا دەسووڕێتەوە، کاتی پێویستی هەیە بۆ ئەوەی فڕینەکەی خێرا بکات و بە جووڵەی لوولپێچی، کە بە هێواشی دەکرێتەوە، لە کۆتاییدا خێرایی پێویست بۆ ئەنجامدانی ئەرکەکەی دەست بکەوێت. بە ئەگەری زۆرەوە ئاوێتەکردنی کرداری توند لە کاتی بەرزبوونەوە و جووڵەی فەزایی ئارامتر لە پاشماوەی گەشتەکە، ڕێگەچارەی داهاتووی پرسی گەشتی فەزاییە.

بەشی نۆیەم
تیۆری کێشکردنی ئاینشتایین

(ئەم بەشـــە و بەشـــی دواتـــر، درێـــژەی گوتـــاری نووســـەرە لەژێـــر ناونیشانی کێشکردن، کە لە گۆڤاری ساینتیفیک ئەمریکەن، لە مانگی ئازاری ساڵی ١٩٦١دا بڵاو بووەتەوە. (وەرگێڕ))

ســـەرکەوتنی مەزنـــی تیـــۆری **نیـــوتن** لە شـــرۆڤەی جـــووڵەی تەنە ئاسمانییەکان تا بچووکترین وردەکارییەکانیان، سەردەمێکی شکۆدار لە مێـــژووی فیزیـــا و ئەستێرەناســـیدا پیشـــان دەدات. بە هەرحـــاڵ، سروشـتی کـارلێکی کێشـکردن و بەتـایبەتی گرێـدراوی ڕاسـتەوخۆی بارستایی کێشکردنی (Gravitational Mass) و بارستایی بارنەگۆڕی (Inertial Mass)، کە دەبێـت بە هـۆی ئەوەوە تەنەکـان هەموویـان بە یەک تـاودان بەر ببنەوە، لە تـاریکیی ڕەهـادا مـایەوە تـا ئەو کـاتەی لە ساڵی ١٩١٤دا، **ئالبێرت ئاینشتایین** گوتارێکی زانستیی لەم بارەوە بڵاو کردەوە. دە ساڵ پێشتر **ئاینشتایین** تیۆرییە ڕێژەییە تایبەتەکەی بڵاو کردبووەوە، کە لەودا وا دانرابوو کە هیچ بینینێک لە ناوی فەزایەکی داخـراودا (بـۆ نمـوونە ژوورێـک)، تەنـانەت ئەگەر بکرێـت ئەو شـوێنە بکرێت بە تـاقیگەیەکی تەواوی فیزیـایی، ناکرێت وەڵامـی ئەم پرسیارە

بداتەوە کە ئایا ژوورەکە وەستاوە یان بە خێراییەکی نەگۆڕ لەسەر هێڵێکی راست دەجووڵێت. بەم پێیە **ئاینشتایین** خەیاڵی جووڵەی یەکجۆری ڕەهایی فڕێ دا و چەمکی کۆن و پڕ لە دژبەیەکی ئەسیر (Ether)ی گەردوونیی وەلاوە نا و تیۆرییە ڕێژەییەکەی خۆی بینا کرد، کە شۆڕشێکی لە زانستی فیزیادا لێ کەوتەوە. هەڵبەت هیچ پێوانێکی میکانیکی، ڕووناکی، یان هەر پێوانەکردنێکی فیزیایی تر، لە ناو کابینی کەشتییەک کە لە دەریایەکی ئارامدا بەرەو پێشەوە دەچێت (ئەم بەشەی کتێبەکە لە یەکێک لە کابینەکانی کەشتیی *کوین ئەلیزابێت* نووسراوە، (وەرگێڕ)) یان لە فڕۆکەیەکدا کە فڕیوە و پەردەکانی بەرانبەر پەنجەرەکەی دادراوەتەوە، ناکرێت ئەنجام بدرێت کە بکرێت زانیاری لەم بارەوە بدات بەدەستەوە، کە ئایا کەشتی یان فڕۆکەکە لە جووڵەدایە یان وەستاوە. بەڵام ئەگەر دەریا شەپۆلاوی یان هەوا تۆفانی بێت، یان ئەگەر کەشتییەکە بکەوێت لە کێوێکی سەهۆڵ یان فڕۆکەکە بکەوێت لە لوتکەی کێوێک، بارودۆخەکە زۆر جیاواز دەبێت، هەر چەشنە لادانێک لە جووڵەی چوونیەک بە تەواوەتی هەستپێکراوە.
بۆ چارەسەری ئەم پرسە، **ئاینشتایین** خۆی لە بارودۆخی فەزاوانێکدا دانا و وای دانا کە ئەنجامی تاقیکردنەوە فیزیاییە جۆربەجۆرەکان لە بنکەیەکی فەزایی بەدوور لە هەر چەشنە بارستاییەکی گەورەی کێشکردنی چۆن دەبێت (وێنەی ٢٣).
لە وەها بنکەیەکی فەزایی وەستاو یان بەجووڵە بەجووڵەیەکی نەگۆڕ، بەگوێرەی ئەستێرە دوورەکان، چاودێری ناو تاقیگەکە و هەموو ئەو ئامرازنەی کە بە دیوارەکەوە نەبەستراونەتەوە، سەربەستانە لە ناو ژوورکە مەلە دەکەن. لێرەدا ئیتر سەر و خوار بوونی نییە. بەڵام هەر کە بزوێنەرەکانی بکەونە کار و ژوورەکە لە ئاڕاستەیەکدا تاو بگرێت، دیاردەی زۆر هاوشێوەی دیاردەی کێشکردن دەبینێت. هەموو ئامێرەکانی ناو ژوورەکە دەگوشرێن بە دیوارەکانی نزیک لە بزوێنەرەکانی مووشەکەکە و ئەم دیوارە دەبێت بە بنی ژوورەکە، لە

کاتێکدا دیواری بەرانبەر دەبێت بە بنمیچ. هەموو کەسێک دەکرێت لەسەر پایەکی خۆی بوەستێت و هەرچەندە حەزی لێیە لە فەزادا بوەستێت، هەروەک چۆن لەسەر زەوی دەوەستا. جگە لەمە، ئەگەر تاودانی کەشتیی فەزایی یەکسان بێت بە تاودانی کێشکردنی لەسەر زەوی، خەڵکەکەی ناو ژوورەکە دەتوانن وا یدابنێن، کە کەشتییەکەی ئەوان هێشتا لەسەر سەکۆی فڕین وەستاوە.

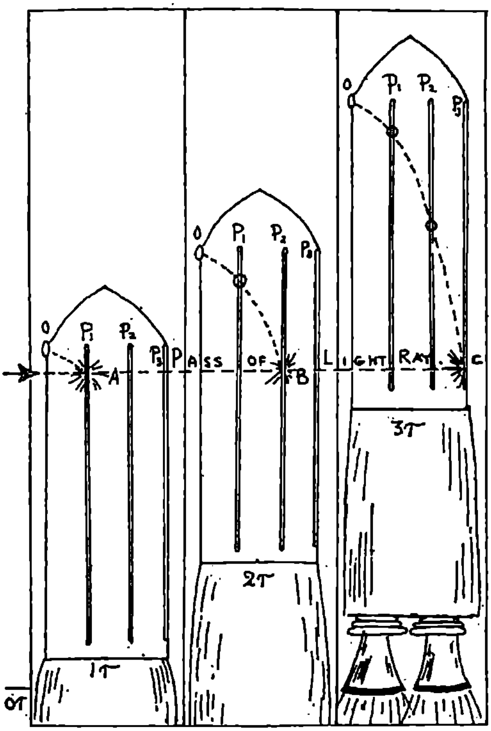
وای دابنێ کە بۆ تاقیکردنەوەی ئەم کێشکردنە گریمانەییە، چاودێرێک لە ناو مووشەکێکی ڕوو لە خێرایی بەرز دەبێت دوو تۆپی بچووک بەر بداتەوە، کە یەکێکیان لە ئاسن دروست کراوە و یەکێکی تریان لە دار. ئەوەی بەڕاستی ڕوو دەدات، دەکرێت بەم شێوە باس بکرێت: کاتێک کە چاودێر دوو گوللەکەی لە ناو دەستەکانی خۆیدا ڕاگرتووە، ئەوانیش لەگەڵ کەشتییە مووشەکییەکەدا یەک جووڵەی ڕوو لە زیادبوونیان دەبێت. بەڵام هەر کە چاودێر تۆپەکان بەر دەداتەوە و بەم شێوە لە جەستەی مووشەکەکە جیای دەکاتەوە، هیچ هێزێکی پێشبەری تر کار ناکاتە سەری و تۆپەکان شانبەشان بە خێرایی یەکسان بە خێرایی کەشتییەکە، لە کاتی بەرادنەوەدا دەجووڵێن. بەڵام خودی کەشتییە مووشەکییەکە بەردەوام خێراییەکەی زیاد دەکات و بنی تاقیگە فەزاییەکە بەردەوام خێراییەکەی زیاد دەکات و بە ئارامی دوو تۆپەکە دەگرێتەوە و لێیان دەکەوێت. بۆ ئەو کەسەی تۆپەکانی بەر دەواتەوە.

وێنەی ٢٣: ئاینشتایین لە ناو کەشتییە خەیاڵییەکەدا

ئەم دیمەنە بە جۆرێکی تره؛ ئەو دەبینێت کە تۆپەکان هاوکات بەر دەبنەوە و دەکەون لە بنی ژوورەکە و تاقیکردنەوە شانۆییەکەی بورجی پیزای **گالیلۆی** بیر دەکەوێتەوە و دووبارە زیاتر دڵنیا دەبێت لەوەی کە بوارێکی کێشکردنی چوونیەک لە تاقیگە فەزاییەکەدا هەیە.
هەردوو شرۆڤەکە سەبارەت بەوەی چی بەسەر تۆپەکاندا دێت ڕاستە و **ئاینشتایین** هاوتای دوو تێڕوانینەکەی لە داڕشتنی تیۆرییە ڕێژەییە نوێیەکەیدا هێنایە ناوەوە. بەڵام ئەم پرەنسیپە کە ناسراوە بە پرەنسیپی هاوتایی لە نێوان بینینەکانی ناو ژوورێکی بەجووڵەی تاودراو لە ناو بوارێکی کێشکردنی ڕاستەقینە، ئەگەر تەنیا بۆ دیاردە میکانیکییەکان ڕاست بێت، زۆر بەهادار نابێت؛ تێڕوانینی **ئاینشتایین**

لەسەر ئەوە بوو، کە ئەم پرەنسیپە (پرەنسیپی هاوتایی)، بە تەواوەتی گشتییە و بۆ دیاردە ڕووناکی و کارۆموگناتیسییەکانیش ڕاستە.

ئێستا با بزانین کە ئەگەر گورزەیەکی ڕووناکی کاتێک لە ژوورە فەزاییەکەی ئێمەدا لە دیوارێکەوە بۆ دیوارەکەی تر دەچێت، چیی بەسەر دێت. دەکرێت ڕێچکەی ڕووناکییەکە بە دانانی چەند پلێتێکی شووشەیی فلۆرسانت، لە سەرانسەری ڕێگەکە، یان تەنیا بە شنەوەی دووکەڵی جگەرە لە ناو گورزەکەدا ببینین. وێنەی ٢٤ ئەوەی لە کاتی تێپەڕبوونی ڕووناکی لە چەند پلێتێکی شووشەییەوە کە مەودای یەکسانیان لە یەکتری هەیە، ڕوو دەدات، بۆ دەگێڕێتەوە.



وێنەی٢٤: بڵاوبوونەی ڕووناکی لە مووشەکێکی تاودراودا

له (a)دا ڕووناکی دەکەوێت لەسەرەوەی پلێتی یەکەم و خاڵێکی فلۆرسانت دروست دەکات. له (b)دا کاتێک ڕووناکی دەگات بە پلێتی دووەم، فلورسانتێکی نزیکتر بە ناوەڕاستی پلێتەکە دروست دەکات. له (c)دا ڕووناکی هێشتا زیاتر دەچێتە خوارتر و دەکەوێت لە پلێتی سێیەم. چونکە خێرایی جووڵەکە ڕوو لە زیادبوونە، مەودای پێوراو لە مەودای کاتی دووەم سێ جار گەورەترە لە مەودای کاتی یەکەمی و لە ئەنجامدا سێ خاڵە فلۆرسانەکە لەسەر هێڵێکی ڕاست نابن، بەڵکو دەکەونە سەر هێڵێکی چەماوەی شێوە پاربۆلا، کە بەرەو خوارەوە چەماوەتەوە. چاودێری ناو ژوورەکە، کە هەموو دیاردەکان دەبەستێتەوە بە کێشکردنەوە، بەم تاقیکردنەوە دەگات بەو ئەنجامەی کە گورزەی ڕووناکی لە کاتی تێپەڕین لە بوارێکی کێشکردنییەوە، دەچەمێتەوە. بەم شێوە **ئاینشتاین** گەیشت بەو ئەنجامەی کە پرەنسیپی هاوتایی، پرەنسیپێکی فیزیایی گشتییە و تیشکی ڕووناکی کە لە ئەستێرەکانەوە دێت، ئەگەر لە ڕێچکەکەی خۆیدا بەرەو چاودێرێکی زەوی، لە نزیک خۆرەوە تێپەڕێت، دەبێت بچەمێتەوە. ئەنجامەکەی ئەو لە خۆرگیرانی ساڵی ١٩١٩دا، کاتێک تیمێکی ئەستێرەناسی بەریتانیایی، شوێنی ڕواڵەتی ئەستێرەکانیان لە نزیکی گیرانەکە لە *ئەفریقا* بینی، پشتڕاست کرایەوە. بەم شێوە هاوتایی بواری کێشکردنی و سیستەمە تاودراوەکان بووە پرەنسیپێکی فیزیایی دڵنیاکەر.

ئێستا دەبێت سەرنج بدەینە جۆرێکی تری جووڵەی تاودار و پەیوەندییەکەی لەگەڵ بواری کێشکردندا. تا ئێستا باسی ئەو شتانەمان کردووە کە بڕی ژمارەیی خێرایی دەگۆڕێت نەک ئاڕاستەکەی. جووڵەش هەیە کە بێ ئەوەی بڕی ژمارەیی خێرایی بگۆڕێت، ئاڕاستەکەی دەگۆڕێت، وەک جووڵەی بەسوور. چەرخوفەلەکێک بێنە پێشچاوی خوت (وێنەی ٢٥)، کە پەردەیەک بە شێوەیەک داپۆشیوە، تا خەڵکی ناو چەرخوفەلەکەکە بە سەیرکردنی

دەوروبەر نەتوانن بڵێن کە ئایا سەکۆی چەرخوفەلەکەکە دەخولێتەوە یان نا. بە شێوەیەک هەموو کەسێک وا دەزانێت لەسەر سەکۆی بەخول وەستاوە و بە ڕواڵەت لەژێر کاریگەریی چەقە هێزێکدایە کە بەرەو کەناری سەکۆکە پاڵی پێوە دەنێت و تۆپێک کە لەسەر سەکۆکەیە دەتلێتەوە و لە ناوەندەکە دوور دەکەوێتەوە. چەقەهێز، کە کار دەکاتە سەر هەر تەنێکی سەر سەکۆکە، گرێدراوە بە بارستایی تەنەکەوە، بە جۆرێک کە دەکرێت وای دابنێین لێرەشدا تەنەکان لە بواری کێشکردندان، بەڵام لێرەدا بوارێکی کێشکردنی تایبەتی هەیە، کە تا ڕادەیەک جیاوازە لە بواری دەوربەری زەوی و خۆر: پێش هەر شتێک، لەجیاتیی ئەوەی کێشکردنێک پیشان بدات کە بەگوێرەی دووجای دووری لە ناوەندەوە دادەبەزێت، پەیوەندیی بە دوورخستنەوەیەک هەیە کە بەگوێرەی ئەم مەودایە زیاد دەبێت. جگە لەوە لەجیاتیی هەبوونی هاوجێی گۆیی بە دەوری تەنی ناوەندی، هاوجێی لوولەیی لە دەوری تەوەری ناوەندی هەیە، کە دەکەوێتە سەر تەوەری خولانەوەی سەکۆکە. بەڵام لێرەشدا پرەنسیپی هاوتایی **ئاینشتاین** دێتە ناوەوە و ئەم هێزانە دەتوانن وەک هێزگەلێک لێک بدرێنەوە، کە بە هۆی کێشکردنی ئەو بارستییانەوە دروست دەبن، کە لە مەودای دوور لە دەوری تەوەرە هاوجێیەکە بڵاو بوونەتەوە.

ڕووداوە فیزیاییەکان، کە لە دەوری وەها سەکۆیەکی بەخول ڕوو دەدەن، دەکرێت بەگوێرەی تیۆری ڕێژەیی *ئاینشتاین* لێک بدرێتەوە، کە بەپێی ئەو، درێژیی شوولەکانی پێوان و خێرایی کاتژمێرەکان، دەکەوێتە ژێر کاریگەریی جووڵەکانیانەوە. ڕوونە کە دوو ئەنجامی بنچینەیی ئەم تیۆریانە بریتین لە:

1. ئەگەر تەنێک ببینین کە بە خێرایی V تێدەپەڕێت، وا دەردەکەوێت کە لە ئاڕاستەی جووڵەکەیدا بە پێی هاوکۆلکەی $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ دەگوشرێت. لە فۆرمولەی C خێرایی ڕووناکییە.

لە خێراییە ئاساییەکاندا، کە لەچاو خێرایی ڕووناکی زۆر بچووکن، ئەم هـاوکۆلکەیە بە کـردەوە یەکسـانە بە یەک و هـیچ گوشـراوێک نابینرێـت. بەڵام کاتێـک v بە خێرایـی ڕوونـاکی نزیـک دەبێـتەوە کاریگەریی ئەم هاوکۆلکەیە گرنگیی زۆر دەبێت.

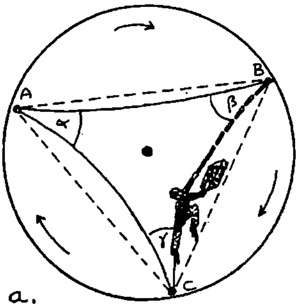
2. ئەگەر کاتژمێرێـک ببینـین، کە بە خێرایـی v تێـدەپەڕێت، وا دەردەکەوێت هێواش دەبێتەوە و هێواشبوونەوەکە بەگوێرەی هاوکۆلکەی ژێرەوەیە:

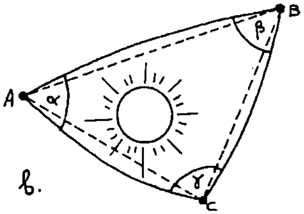
$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

لێرەشدا وەک نموونەی پێشوو، کاریگەرییەکە کاتێک دەردەکەوێت کە v لە خێرایی ڕووناکی نزیک دەبێتەوە.

ئێستا بە لەبەرچـاوگرتنی ئەم دوو کـاریگەرییە، ئەنجـامی بینینەکـان کە دەکرێت لەسەر سەکۆیەکی بەخول ئەنجام بدرێت، لەبەرچـاو دەگرین. وای دابنێین کە دەمانەوێت یاساکانی بڵاوبوونەوەی ڕوونـاکی لەنێوان خاڵەکـانی سـەر سـەکۆیەک بـدۆزینەوە. دوو خـاڵی A و B لەسـەر چێـوەی دیسـکی بەخـول بە شـێوەیەک هەڵـدەبژێرین، کە یەکێکیـان سەرچاوەی ڕووناکی بێت و ئەوی تریش وەرگری ڕوونـاکی (وێنەی ٢٥). بەپێی یاسا بنچینەییەکانی ڕووناکی، ڕووناکی هەمیشە کورتترین ڕێچـکە دەگـرێتە بەر. کـورتترین ڕێچـکە لەنێـوان دوو خـاڵی A و B لەسەر دیسکێکی بەخول چییە؟ بۆ پێوانی درێژیی هێڵێک کە A و B پێکەوە دەبەستێتەوە، لێرەدا ڕێگەیەکی کۆن، بەڵام دڵنیاکەر بـریتییە لە ژمـاردنی ئەو مەتـرانەی کە دەکرێـت پشتەسـەری یەک لەنێـوان A و Bدا بـن. ئەگەر دیسـکەکە بەخـول نەبێـت، بـارودۆخەکە ڕوونە و کورتترین مەودای نێوان A و B لەسـەر هێڵی ڕێکی ئەندازەی کۆنی یوکلیدییە. بەڵام ئەگەر دیسکەکە بەخول بێت، ئەو مەترە یەک لەدوای

یەکانە بە خێراییەکی دیاریکراو دەجوولێن و لە ئەنجامدا چاوەڕوان دەکرێت کە بەرەوڕووی گوشرانی ڕێژەیی درێژی ببنەوە. هەر بۆیە ژمارەیەکی زۆر شوولی پێوان بۆ پڕکردنەوەی مەودای AB پێویستە. بەڵام لێرەدا دۆخێکی سەرنجڕاکێش دێتە پێش؛ ئەگەر شوولێک نزیک بە ناوەند بجوولێنین، خێراییە هێڵییەکەی بچووکتر دەبێتەوە و ئیتر بەو ڕادەیە ناگوشرێت، لەچاو ئەو کاتەی دوور لە ناوەند دەجوولا، دەگوشرا. هەر بۆیە بە چەماندنەوەی هێڵی هەڵگری شوولەمەترەکان بەرەو ناوەند، پێویستمان بە ژمارەیەکی کەمتر شوولەمەتر هەیە، چونکە هەرچەندە مەودای دووریی ڕاستەقینە تا ڕادەیەک درێژترە، ئەم ناتەواوییە بە گوشرانی کەمتری هەر شوولێک قەرەبوو دەکرێتەوە. ئەگەر لەجیاتیی شوولەمەترەکان شەپۆلەکانی ڕووناکی دابنێین، دەگەین بەو ئەنجامەی کە گورزەی ڕووناکییەکە لە ئاڕاستەی بواری کێشکردنیدا دەچەمێتەوە، کە لێرەدا ڕوو لە دەرەوەی ناوەندە.





وێنەی ٢٥: (a) تاقیکردنەوە ئەنجامدراوەکان لەسەر سەکۆیەکی بەخول، (b) سێگۆشەبەندی لە دەوری خۆر

پـێش ئەوەی باسـی چەرخـوفەلەک تەواو بکەیـن، تـاقیکردنەوەیەکی تـریش ئەنجـام دەدەیـن. دوو کـاتژمێری ڕێک وەک یەک هەڵدەبژێرین، یەکێـک لە ناوەنـدی سـەکۆکە و ئەوی تـر لە قەراغەکەیـدا دادەنێـین. چونکە کـاتژمێری یەکەم وەستاوە و کـاتژمێری دووەم بە خێراییەکی دیـاریکراو دەخـولێتەوە، کـاتژمێری دووەم لەچـاو کـاتژمێری یەکەم هەندێک کاتی لەکیس دەچێت.

ئەگەر چەقەهێز وەک هێـزی کێشـکردن حیسـابی بـۆ بکەیـن، دەڵێـین کاتژمێرێـــک کە لە پەســـتانی کێشـــکردنی بەرزتـــردایە (واتە لە ئاڕاسـتەیەکدا کە هێـزی کێشـکردن لەو ئاڕاسـتەیەدا کـار دەکـات)، هێواشـتر کـار دەکـات. ئەم هێواشـییە بـۆ هەر دیـاردەیەکی فیزیـایی، کیمیایی و بایۆلۆژی، هەر بەو شێوەیە ڕاستە.

تاپیستێک کە لە نهۆمی یەکەمی بینایەکی بەرزدا کار دەکات درەنگتر لە خوشـکە دوانەکەی، کە لە نهـۆمی کۆتـایی ئەو بینـایەدا کار دەکـات، پیـر دەبێـت، هەرچەنـدە جیـاوازییەکە زۆر بچـووکە، بەڵام دەکرێـت هەژمار بکرێت لە ماوەی دە ساڵ کێژەکەی چەند میلیۆنمێکی چرکە لە خوشـکە دوانەکەی کە لە نهـۆمی کۆتـاییە گەنجتـر مـاوەتەوە. لە جیـاوازیی نێـوان ڕووبەری زەوی و ڕووبەری خـۆر، کـاریگەرییەکە زۆر لەوە گەورەترە. کاتژمێرێک کە لەسـەر خـۆرە، لەچاو کـاتژمێری زەوی، لە سـەدا یەک لەسـەر دە هەزار هێواشـتر دەجووڵێت. هەڵبەت کەس ناتوانێـت کاتژمێرێـک لەسـەر خـۆر دابنێـت و چـاودێریی هێواشـبوونەوەکەی بکـات، بەڵام هێواشـبوونەوەکە بە بینینـی لەرەلەرەکانی هێڵە شەبەنگی ئەتۆمەکانی بەرگەهەوای خۆر پشتڕاست کراوەتەوە.

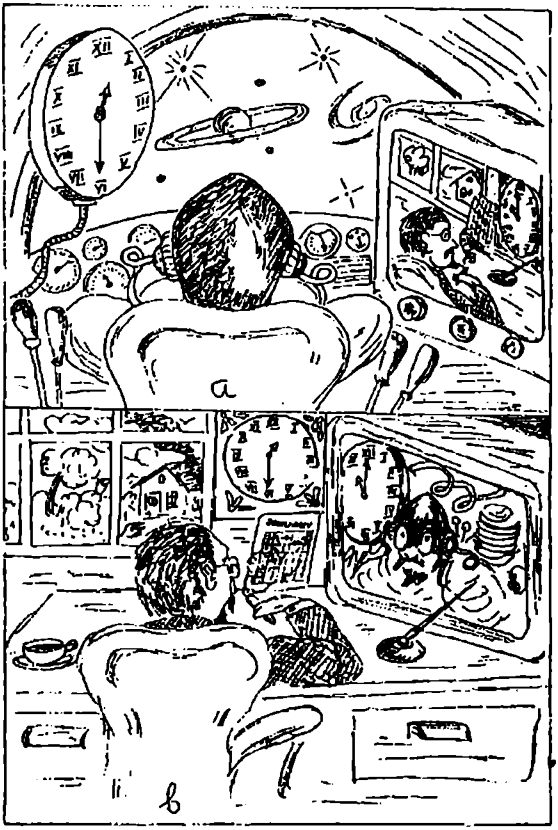
بـابەتی خوشـکە دوانەکـان، کە بە هـۆی کـارکردن لە شـوێنەکان بە پەسـتانی کێشـکردنی جیـاوازەوە، وەک بـابەتی دوو بـرا دوانەکە وایە، کە یەکێکیـان لە مـاڵەوە دانیشـتووە و ئەوی تریـان لە سـەفەردایە. بـا وای دابنێین دوانەکە یەکێکیان فڕۆکەوانی کەشتییەکی فەزایی و ئەوی

تریـان کارمەنـدی فڕۆکەخـانەیەکی فەزایـی لەسـەر زەویـیە. بـرای فڕۆکەوانەکە لە کەشتییە فەزاییەکەی خۆیدا کە خێراییەکەی نزیکە لە خێرایـی ڕوونـاکی، بـۆ ئەنجامـدانی ئەرکێـک دەڕوات بـۆ ئەسـتێرە دوورەکان، لە کاتێکدا برا دوانەکەی لە فڕۆکەخانەکە کارەکەی ئەنجام دەدات. بەپێی تیۆری **ئاینشتایین**، هەر برایەک هێواشتر لەوەی تریان پیـر دەبێـت. هەر بـۆیە کاتێـک بـرا فـڕۆکەوانەکە دەگەڕێـتەوە، وا چاوەڕوان دەکرێت کە برا کارمەندەکەی فڕۆکەخـانەکە لاوتر لە خۆی ببینێت، بەڵام براکەی فڕۆکەخانە ڕێک بۆچوونەکەی پێچەوانەیە. ئەمە لەوە دەچێت ژیرانە نەبێت، چونکە بۆ نموونە ئەگەر تەمەن لە ڕووی سپیبوونی قژەوە بپێوین، دوو بـراکە تەنیـا دەتـوانن بە سـەیرکردنی یەکتری لە ئاوێنەیەکدا تێبگەن کامیان پیرتر بوونە.

وەڵامـــدانەوەی ئەم پارادۆکســـە، بـــریتییە لەوەی کە دەربڕینـــی پەیوەندیدار بە تەمەنی ڕێژەیی دوو براکە، تەنیا کاتێک ڕاستە کە لە چوارچێوەی تیۆری ڕێژەیی تایبەتدا بێت، کە تەنیا جووڵەی نەگۆڕ لەبەرچاو دەگرێت. لەم بارەدا برا فڕۆکەوانەکە هەرگیز ناگەڕێتەوە و لە ئەنجامدا هەرگیـز ناتوانێت لای بـراکەی خۆی لە بەردەم ئاوێنەدا دابنیشێت و گەشەی تووکی سەری بپێوێت. باشترین کار کە ئەم دوو برایە دەتوانن بیکەن، بەکارهێنانی دوو ئامێری تەلەڤیزیۆن، یەکێک لە فڕۆکەخانە فەزاییەکە، کە برا فڕۆکەوانەوەکە و کاتژمێرەکەی پیشـان دەدات، ئەوی تر لە کەشتییە فەزاییەکەدایە کە برا کارمەندەکە لە پشت مێزەکەدا و کاتژمێرەکەی پشتەسەری لەسـەر دیوارەکە پیشـان دەدات (وێنەی ٢٦).

د. **یـوجین فینبێـرگ** لە *زانکـۆی واشـینگتن*، لێکـۆڵینەوەی لەسـەر بـارودۆخەکە بەگـوێرەی بڵاوبـوونەوەی نیشـانە ڕادیۆییەکـان کـرد و ئەنجـامەکەی بریتـی بـوو لەوەی کە بە سـەیرکردنی شاشـەی تەلەفزیـۆنەکە، هەر کـام لە براکـان دەبیـنن بـراکەی تریـان گەنجتـر مـاوەتەوە. بەڵام ئەگەر بـرا فـڕۆکەوانە کە لە فڕینـدایە، بگەڕێـتەوە،

دەبێـــت ســـــەرەتا کەشـــتییەکەی هێـــواش بکـــاتەوە و بە تەواوی بیوەسـتێنێت و ئەم جـارە بگەڕێـتەوە بـۆ مـاڵەوە، ئەمە بە ناچـاری بارودۆخی دوانەکە دەگۆڕێت.



وێنەی ٢٦: تێپەڕبوونی تەمەنی ڕێژەیی برا دوانەکە، بەو شێوەی لەسەر شاشەی تەلەڤیزیۆن دەبینرێت

وەک پێشـتر باسـمان کـرد، تـاوگرتن و هێواشـبوونەوە، هاوتـان بە بوارێکی کێشکردنی، کە خێرایی کاتژمێر وەک خێرایی دیاردەکانی تـر هێواش دەکاتەوە و ڕێک وەک تایپیسـتێک کە لە نهۆمی یەکەمی بینا

بەرزەکەدا کار دەکات و تەمەنی هێواشتر لە تەمەنی خوشکەکەی، کە لە نهۆمی کۆتاییدایە، تێپەڕ دەبێت. تەمەنی برا فڕۆکەوانە فەزاییەکەش کە لە فڕیندایە، هێواشتر لە تەمەنی برا دوانەکەی لەسەر زەوی تێدەپەڕێت. هەر بۆیە ئەگەر ماوەی فڕین بە ڕادەی پێویست درێژ بێت، ئەو فڕۆکەوانەی کە بۆ زەوی دەگەڕێتەوە، بە بینینی سەری کەچەڵی برا دوانەکەی، کەیف دەکات! هەروەها لێرەدا هیچ دژبەیەکییەک نییە.

تاقیکردنەوەیەکی سەرنجڕاکێش بۆ پشتڕاستکردنەوەی هێواشبوونەوەی کات، بە هۆی هێزی کێشکردنەوە (ئەگەر پشتڕاستکردنەوەیەکی تر پێویست بێت) لە لایەن **سینگەر** لە *زانکۆی مەریلەند* پێشنیاز کراوە، کە بریتییە لە دانانی کاتژمێرێکی ئەتۆمی لە ناو ئەو مانگە دەستکردانەی کە لەسەر ڕێچکەی بازنەیی و لە بەرزیی جیاوازدا بە دەوری زەویدا دەسووڕێنەوە. هەژمار کراوە بۆ ئەو مانگە دەستکردانەی کە لە بەرزیی کەمتر لە نیوەتیرەی زەوی دەسووڕێنەوە، ڕێژەی کاریگەریی سەرەکی لە هێواشبوونەوەی کاتژمێرەکەی لە ئەنجامی خێراییەکەیدا دەبێت، کە بڕەکە لە هاوکۆڵکەی ژێرەوە دەدۆزرێتەوە:

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

بەڵام لە شوێنی بەرزتردا، وا چاوەڕوان دەکرێت کە کاریگەریی خێرایی زۆر گرنگ نەبێت و کاتژمێر لەجیاتیی هێواشبوونەوە، خێراتر ببێتەوە، چونکە لە بواری کێشکردنی لاوازتردایە (وەک چۆن کچی نهۆمی کۆتایی بینا بەرزەکەدا وایە). گومان نییە کە ئەم تاقیکردنەوە سەرنجڕاکێشە تیۆرییەکەی **ئاینشتاین** پشتڕاست دەکاتەوە.

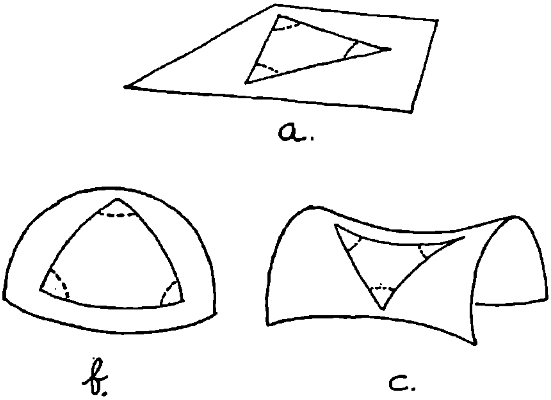
ئەم باسە دەمانگەیەنێت بەو ئەنجامەی کە ڕووناکی لە کاتی بڵاوبوونەوەدا لە بوارێکی کێشکردندا، لەسەر هێڵێکی ڕاست ناڕوات، بەڵکو لە ئاڕاستەی بواردا دەچەمێتەوە و بە هۆی گوشرانی

شووڵەمەترەکان، کورتترین مەودای نێوان دوو خاڵ هێڵێکی راست نییە، بەڵکو ئەویش هێڵێکی چەماوەیە کە لە ئاراستەی بواری کێشکردندا چەماوەتەوە. بەڵام چ پێناسەیەکی تر جگە لە رێچکەی ڕووناکی لە بۆشاییدا، یان کورتترین مەودای نێوان دوو خاڵ دەکرێت هەبێت؟ رای **ئاینشتایین** ئەمە بوو، کە دەبێت پێناسەی کۆنی "هێڵی ڕاست" سەبارەت بە بواری کێشکردنی بهێڵدرێتەوە، بەڵام لەجیاتیی ئەوەی بگوترێت گورزەی ڕووناکی و کورتترین مەودا چەماوەن، دەگوترێت کە فەزا بۆ خۆی چەماوەیە. خەیاڵی تیۆری فەزای سێڕەهەندی چەماوە قورسە، چی بگات بە خەیاڵی فەزایەکی چوارڕەهەندی، کە کات لەودا ڕەهەندی چوارەمە. باشترین ڕێگە بەکارهێنانی لەیەکچواندان یان ڕووبەری دووجەمسەرییە، کە دەکرێت بە ئاسانی تێبگەین. هەموومان ئاشناییمان لەگەڵ ئەندازەی یوکلیدیدا (Euclid Geometry) هەیە، کە پەیوەندیی بە جۆرەکانی ڕووی ئەندازەییەوە هەیە، کە دەکرێت لەسەر ڕووبەرێکی تەخت بکێشرێت. بەڵام ئەگەر لەجیاتیی ڕووبەرێکی تەخت، ڕوخسارە ئەندازەییەکان لەسەر ڕووبەرێکی چەماوە بکێشین، سەلمێندراوەکانی (Theorem) ئەندازەی یوکلیدی ئیتر ڕاست نییە. ئەم بابەتە لە وێنەی ٢٧دا پیشان دراوە، کە سێگۆشەکانی لەسەر ڕووبەری تەخت (a)، لەسەر ڕووبەری گۆ (b) و لەسەر ڕووبەرێک کە پێی دەگوترێت زینی (c)، کێشراوە.

سەبارەت بە سێگۆشەیەکی تەخت، کۆی سێگۆشەکە هەمیشە یەکسانە بە سەد و هەشتا پلە. سەبارەت بە سێگۆشەی گۆیین، کۆی سێگۆشەکە هەمیشە گەورترە لە سەد و هەشتا و زیادەکە پەیوەندیی بە رێژەی نێوان قەبارەی سێگۆشە و قەبارەی گۆکە. سەبارەت بە سێگۆشە کێشراوەکان لەسەر ڕووبەری زینی، کۆی گۆشەکان بچووکترە لە سەد و هەشتا پلە. ئەو هێڵانەی سێگۆشە گۆییەکان و ڕووبەرە زەینییەکە دروست دەکەن لە دیدی سێڕەهەندییەوە

ڕاستەوخۆ نین، بەڵکو ڕاستەوخۆترین، واتە کورتترین مەودای نێوان دوو خاڵی سەر ڕووبەڕێکی ناتەختن. بۆ ئەوەی لە ناوداناندا هەڵە ڕوو نەدات، ماتماتیکییەکان بەم هێڵانە دەڵێن هێڵی جیۆدزیک یان هەر بە کورتی جیۆدزیک (Geodesics).

هەر بەم شێوە دەتوانین لەسەر هێڵە جیۆدزیکەکان یان کورتترین هێڵە فەزاییەکانی سێڕەهەندی قسە بکەین، کە ئەو دوو خاڵە پێکەوە دەبەستنەوە کە ڕووناکی لە ئاڕاستەیاندا بڵاو دەبێتەوە و بە پێوانی کۆی گۆشەکانی سێگۆشەیەک دەکرێت بڵێین فەزاکە تەختە ئەگەر کۆی گۆشەکان سەد و هەشتا پلە بێت، پێی دەگوترێت لەگۆچوو بە لاری پۆزەتیڤەوە و ئەگەر بچووکتر بێت لاربوونەوەکە نێگەتیڤە، پێی دەگوترێت زین.



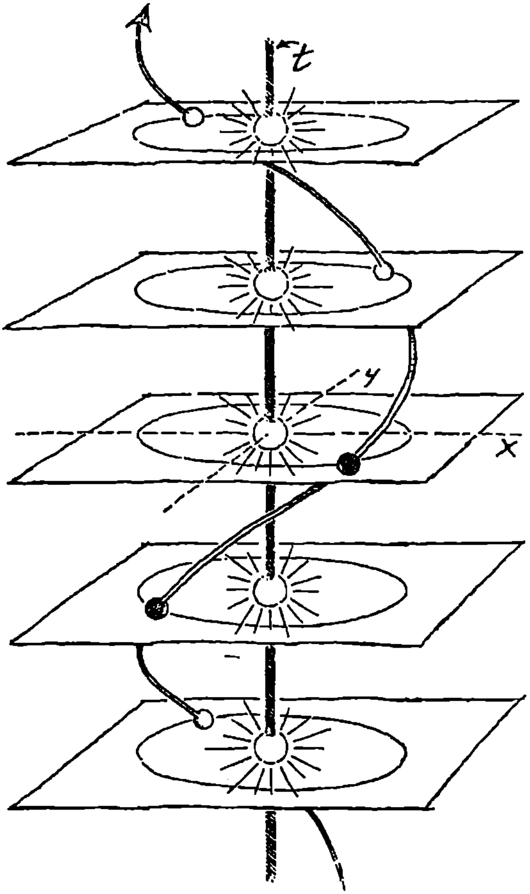
وێنەی ٢٧: سێگۆشەگەلێک لەسەر ڕووبەڕێکی تەخت (a)، لەسەر گۆیەک (b) و لەسەر ڕووبەڕێکی زینی (c)

وای دابنێ سێ ئەستێرەناس لەسەر زەوی و ڤینوس و مەریخ وەستاون و گۆشەکانی سێگۆشەیەک دەپێون، کە لاکانی بریتییە لە گورزەیەکی ڕووناکی کە لە نێوان ئەم سێ هەسارەیەدا گەشت

دەکات. وەک پێشتر بینیمان، گورزەیەکی ڕووناکی کە لە بواری کێشکردنی خۆردا دەجووڵێت، لە ئاڕاستەی بوارە کێشکردنەکەدا دەچەمێتەوە، بارودۆخەکە بەو شێوەیەک کە لە وێنەی ٢٥ bدا پیشان دراوە و کۆی گۆشەکان گەورەتر لە سەد و هەشتا پلە دەبێت. ژیرانە دەبێت کە لەم بارەدا بڵێین، کە ڕووناکی لەسەر کورتترین مەودا، یانی هێڵی جیۆدزیک دەجووڵێت، بەڵام فەزای دەوروبەری خۆر لە ئاڕاستەی پۆزەتیڤدا چەماوەتەوە. هەر بەو شێوەیە، لە بوارێکی کێشکردندا کە هاوتایەتی و بواری چەقەهێزی سەر دیسکێکی بەخولە (وێنەی ٢٥ a)، کۆی گۆشەکان بچووکتر دەبێت لە سەد و هەشتا پلە و فەزا دەبێت لە ئاڕاستەی سالبدا چەمابێتەوە.

ئەو ئارگیومێنتانەی لەسەرەوە باس کران، بنچینەی تیۆری ئەندازەیی کێشکردنی **ئاینشتایین** پیشان دەدات. ئەم تیۆرییە، تیۆرییە کۆنەکەی **نیوتن** فڕێ دەدات، کە بەپێی ئەو، تەنە گەورەکانی وەک خۆر لە فەزای دەوروبەردا هێزێک دروست دەکەن، کە هەسارەکان لەجیاتیی ڕێچکەی ڕێک لەسەر ڕێچکەی چەماوە دەجووڵێنێت. لە وێنەکەی **ئاینشتایین**دا خودی فەزا دەچەمێتەوە بۆ هەسارەکان لەسەر ڕاستەوخۆترین هێڵ،واتە هێڵی جیۆدزی، لەم فەزا چەماوەدا دەجووڵێت. بۆ ئەوەی هەڵەیەک ڕوو نەدات، دەبێت بگوترێت کە لێرەدا هێڵە جیۆدزییەکان لە فەزا-کاتی چوارڕەهەندیدان و هەڵبەت هەڵەیە بگوترێت خودی ڕێچکە جیۆدزییەکان لە فەزای چوارڕەهەندیدان. بارودۆخەکە بە کورتی لە وێنەی ٢٨دا پیشان دراوە، کە تەوەری t و دوو تەوەری x و y لەسەر ڕێچکەکە پیشان دەدات، هێڵە لوولپێچەکە ناسراو بە هێڵی جیهانی (World-Line)، تەنێکی بەجووڵە (لێرەدا زەوی) هێڵێکە لە فەزا-کاتدا (لێرەدا پێویستە ئاگەدار بین، کە تەوەرەکانی ستوونی و ئاسۆیی لە وێنەی ٢٨دا بە ناچاری بە یەکەی جیاواز دراون. هەڵبەت لە کاتێکدا تیرەی زەوی تەنیا هەشت خولەکە، ئەگەر بەگوێرەی خولەکەڕووناکی، واتە ئەو مەودای ڕووناکی لە

خولەكـــدا دەپێوێـــت، دووریـــی ڕووبەری مـــانگی جـــانیوەری تـــا ڕووبەرێکی تر یەکساڵە، واتە شەست هەزار جار گەورەترە. بۆیە لە سکێلی دروستدا، هێڵی جیۆدزی بەگوێرەی هێڵی ڕاست لادانی دەبێت، بەڵام زۆر کەم). هەر بـۆیە، لە لێکدانەوەی **ئاینشـتایین** بـۆ کێشـکردن وەک چەمـانەوەی فەزا-کـات، هەنـدێک ئەنجـامی لـێ دەکەوێتەوە، کە تۆزێـک جیـاوازە لەگەڵ پێشـبینییە فەرمییـەکەی **نیـوتن** و بەم شـێوە بەدوداچوونی ڕوانگەیی دەدات بەدەستەوە. بۆ نموونە چلوسـێ چرکە بە گۆشـەی سـووڕانەوەی تەوەرە گەورەکەی *عەتارد* لە یەک سـەدەدا پاساو دەداتەوە. بەم شێوە یەکێک لە نهێنییەکانی میکانیکیی ئاسـمانی شی دەکاتەوە.



وێنەی ٢٨: هێڵی جیهانی زەویی بەجووڵە لە فەزا-کاتدا، لێرەدا سیستەمێکی پۆتاندا پیشان دراوە، کە تەوەری *t* (کات) ستوونییە و دوو تەوەری *x* و *y* فەزایین

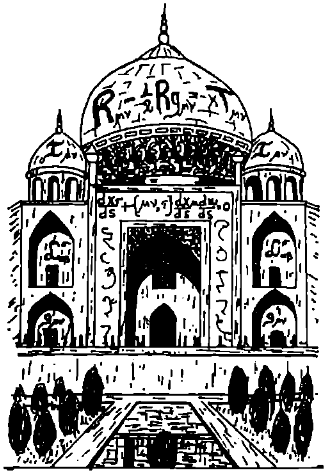
بەشی دەیەم
پرسە چارەسەرنەکراوەکانی کێشکردن

لە دەفتەری یادداشتە تاقیگەییەکانی **مایکڵ فارادە**دا (١٧٩١-١٨٦٧)، کە پشکێکی گرنگی لە ناساندنی کارەبا و موگناتیسدا هەیە، پێشەکییەکی سەرنجڕاکێش لە ساڵی ١٨٤٩دا هەیە: "کێشکردن، بە دڵنیاییەوە ئەم هێزە دەبێت پەیوەندییەکی تاقیگەیی لەگەڵ کارەبا و موگناتیس و هێزەکانی تردا هەبێت، بە شێوەیەک لە کرداری دوانی و کاریگەریی هاوتای ئەمانە دروست بووە. ئەو ساتە بێنە پێشچاوی خۆت، کە بە ڕێگەی هەقیقەت و تاقیکردنەوە، بگەین بەم بابەتە."

بەڵام تاقیکردنەوەگەلێکی زۆر کە ئەم فیزیاییە ناسراوە بەڕیتانیاییە ئەنجامی دا بۆ ئەوەی پەیوەندییەک بدۆزێتەوە شکستی هێنا و بیرەوەرییەکانی ئەم وشانە دەنووسێت: "ئێرە کۆتایی تاقیکردنەوەکانمە بۆ ئێستا. ئەنجامەکە نێگەتیڤە، ئەوان نەیانتوانی بوونی پەیوەندیی نێوان کارەبا و کێشکردن پیشان بدەن، هەر بۆیە هیچ سەلماندنێک بۆ بوونی پەیوەندییەک نییە. زۆر سەیرە کە تیۆری کێشکردن کە سەرەتا **نیوتن** دۆزییەوە و دوایی **ئاینشتایین** تەواوی کرد، بە شێوەیەکی شاهانە تەریک کەوتووە، *تاج محەل*ی زانستە (وێنەی ٢٩). لەگەڵ پەرەسەندنی خێرای لقەکانی فیزیادا، کارێکی زۆر

کەمی تێدا ئەنجام دراوە. چەمکی **ئاینشتاین**ی بواری کێشکردن (Gravitational Field)، لە تیۆری ڕێژەیی تایبەتەوە دەست پێ دەکات و خودی تیۆری تایبەت بەندە لەسەر بواری کارۆموگناتیسی، کە سەدەی پێشوو (سەدەی نۆزدە) لە لایەن فیزیایی بەریتانیایی **جەیمز کلێرک ماکسوێل** (١٨٣١-١٨٧٩) داڕێژراوە. بەڵام سەرەڕای هەوڵە زۆرەکانی **ئاینشتاین** و دواکەوتوانی، پەیوەندیی نێوان ئەم تیۆرییە ئەلیکترۆدانامیکی **ماکسوێل** سەرکەوتوو نەبوو."

تیۆری ڕێژەیی ئاینشتاین کەم تا زۆر هاوکات بوو لەگەڵ تیۆری کوانتەمدا، بەڵام لە ٤٥ ساڵی ڕابردوودا کە بەسەر دەرکەوتنی ئەم دوو تیۆرییەدا تێدەپەڕێت (ئەم کتێبە لە ساڵی ١٩٦٠دا نووسراوە، (وەرگێڕ))، بە تەواوەتی جیاواز لە یەکتری پەرەیان سەندووە. تیۆری کوانتەم کە لە لایەن **ماکسوێل**ەوە پێشنیاز کرا و لە لایەن **نیلز بۆر**، **لوی دۆبرۆی**، **ئیروین شرۆدینگەر**، **ڤێرنەر هایزنبێرگ** و ئەوانی ترەوە پێش خرا، پێشکەوتنێکی گەورەی بە خۆیەوە بینیی و وەک سیستەمێکی بەرفراوان پەرەی سەند، کە سەنگچنی ناوەوەی ئەتۆمەکان و ناوکەکانی بە فراوانی شی دەکاتەوەو لێکدانەوەی بۆ دەکات.



وێنەی ٢٩: پەرەستگەی کێشکردن (پیتەکانی سەر پەرەستگەکە هاوکێشە تیۆری ڕێژەیی گشتیی ئاینشتاینە

له کاتێکدا سەدان و بگرە هەزاران زانا، لێکۆڵینەوە لەسەر لقە جۆراوجۆرەکانی تیۆری کوانتەم دەکەن و لە زۆر لە بوارەکانی توێژینەوەی خۆیاندا بەکاری دەهێنن، تەنیا ژمارەیەکی کەم لە خەڵک کات و حەزی خۆیان بۆ توێژینەوە لە کێشکردندا تەرخان دەکەن. ئایا لەوانەیە هۆکارەکەی ئەوە بێت کە فەزای بەتاڵ سادەترە لە تەنە مادییەکان؟ یان نەخێر، نبووغی **ئاینشتاین** ئەوەی پێویست بووبێت لەسەر کێشکردن، کە دەبێت ئەنجام بدرێت، ئەنجامی داوە و لە ئەنجامدا نەوەیەکی لە پێشکەوتنی دواتر نائومێد کردووە؟

بە گۆڕینی کێشکردن بە تایبەتمەندیی ئەندازەیی بۆشایی فەزا-کات، **ئاینشتاین** دڵنیا بوو کە بواری کارۆموگناتیسی، هەروەها دەبێت لێکدانەوەیەکی ئەندازەیی پەتیی هەبێت. بەڵام تیۆری بواری یەکانگیر (Unified Field Theory)، کە لەم باوەڕەوە هاتبوو، بە باشی نەچووە پێش و **ئاینشتاین** پێش ئەوەی کارێک بە سادەیی و جوانیی دڵنیایی کارەکانی پێشووی لە کایەی تیۆری بواری یەکانگیر ئەنجام بدات، کۆچی دوایی کرد. ئێستا لەوە دەچێت کە پەیوەندیی دروست لەنێوان کێشکردن و کارۆموگناتیسی، دەبێت لە ڕێگەی تێگەیشتن لە تەنۆلکە سەرەتاییەکانەوە دەستمان بکەوێت، کە لە ئێستادا زۆری لەبارەوە دەبیستین و تێگەیشتن لەوەی بۆچی ئەم تەنۆلکە تایبەتانە بە بارستایی تایبەت و بارگەی کارەبایی دەبێت لە سروشتدا بدۆزرێنەوە. پرسیارێکی سەرەکی لێرەدا، پەیوەندیی بە کرداری دوانیی کێشکردن و کارۆموگناتیسیی نێوان تەنۆلکەکانەوە هەیە. لە بەشەکانی پێشووتری ئەم کتێبەدا، یاسای کێشکردن، کە پەیوەندیی پێچەوانەی دووجا لەنێوان هێزی کێشکردن و مەودای دووری دروست دەکات، دۆزییەوە. زانای فەرەنسی **شارل کولۆمب** (١٧٣٦-١٨٠٦) لە ساڵی ١٧٨٤دا، یاسایەکی پێچەوانەدووجای بۆ هێزی نێوان بارگە کارەباییەکان پێشنیاز کرد.

وای دابنێ کە هێزەکانی کارەبایی و کێشکردنی نێوان دوو تەنۆلکە بە بارسـتایی $4x10^{-26}$ گـرام، کە لەنێـوان بارسـتاییەکانی پرۆتـۆن و ئەلیکترۆنـدا هەیە و لە مەودای دووریـی r لە یەکتـرییەوە جێگیـرن، لەبەرچاو دەگرین. بەپێی یاسای **کولۆمب**، هێزی وەستاوی کارەبایی لە فۆرمـــــولی $\frac{e^2}{r^2}$ دەدۆزرێـــــتەوە، کە لەودا e، کە یەکســـــانە بە $4.77x10^{-10}$esu، بـریتییە لە بـارگەی کارەبـایی سـەرەتایی (یەکەی کارۆوەسـتاو بـریتییە لە بـارگەیەک کە بـارگەی یەکسـان بە خـۆی لە مەودای دووریـــی یەک ســـانتیمەتر بە هێـــزی یەک دایـــن دوور دەخـاتەوە). لەلایەکـی تـرەوە، بەگـوێرەی یاسـای **نیـوتن**، کـارلێکی کێشـکردنی یەکســانە بە $\frac{GM^2}{r^2}$، کە لێـرەدا G بـریتییە لە نەگـۆڕی کێشـکردنی و یەکسـانە بە $6.67x10^{-8}$ و M بـریتییە لە بارسـتاییە نێوانگرەکـان و یەکســانە بە $4x10^{-26}$ گـرام. ڕێـژەی نێـوان دوو فۆرمولەکە یەکسانە بە $\frac{e^2}{GM^2}$، کە بڕە ژمارەیەکەی یەکسـانە بە 10^{40}. هەر تیۆرییەک بتوانێت پەیوەندیی نێوان کارۆموگناتیسـی و کێشـکردن شـرۆڤە بکـات، دەبێـت شـی بکـاتەوە بـۆچی ئەم کـارلێکی نێـوان دوو تەنۆلکە 10^{40} جـار گەورەتـرە، لە کـرداری دوانـی کێشـکردنی. دەبێت لەبیرمان بێت کە ئەم ڕێژەیە ژمارەیەکی سادە و ڕەهـایە و پەیوەنـدیی بە سیستەمی ئەو یەکانەوە نییە کە لە پێوانی بـڕە فیزیاییەکاندا بەکـار دێت. لە فۆرمولە تیۆرییەکاندا زۆر جار بڕی ژمارەیی دێتە ئـاراوە، کە دەکرێـت بە ڕێـگەی بە تەواوەتـی ماتمـاتیکی بـدۆزرێنەوە، بەڵام ئەم بڕانە بە شـێوەی ئاسـایی ژمـارەی بچـووکی وەک 2π و $\frac{3}{5}$ و $\frac{\pi^2}{3}$ و تـا دوایی. ئیستا چۆن دەکرێت بە ڕێگەی ماتماتیکی، نەگۆڕێکی گەورەی وەک 10^{40} بدۆزرێتەوە؟

نـزیکەی بیسـت سـاڵ لەوەوپـێش، پێشـنیازێکی زۆر سـەرنجڕاکێش لە لایەن فیزیایی ناسراوی بەریتانیـایی، **پـۆل دیـراک**ەوە کـرا. ئەو پێـی وا بـوو کە ژمـارەی 10^{40} لە بنەڕەتـدا ژمـارەیەکی نەگـۆڕ نیـیە، بەڵکـو

ژمارەیەکی گۆڕاوە، کە لەگەڵ کاتدا دەگۆڕێت و پەیوەندیی بە تەمەنی گەردوونەوە هەیە. بەپێـی تیـۆری گەردوونـی کشـاو، سـەرەتای گەردوون نـزیکەی $5x10^9$ سـاڵ لەوەوپـێش یـان 10^{17} چـرکە لەوەوپێشە (ژمارەی ڕاست لە ئێستادا ١٣،٨٢ ملیارد ساڵە (وەرگێڕ)). هەڵبەت ساڵ یان چرکە یەکەی خۆویستە بۆ پێوانی کات و دەبێت مەودایەکی کاتیی سەرەتایی بە شێوەیەک هەڵبژێردرێت، کە بکرێت لە تایبەتمەندییە بنچینەییەکانی مادە و ڕووناکییەوە بەدەست بهێنرێت. ڕێگەیەکـی سـادە و ژیـرانە بـۆ ئەم کـارە هەڵبژاردنـی یەکەیەکـی کاتەیەکسـان بە مەودای کـاتی پێویست بـۆ ئەوەی ڕووناکیی مەودای دوورییەک یەکسان بە تیرەی تەنۆلکەیەکی سەرەتایی ببڕێت، چونکە تیرەی هەر تەنۆلکەیەکی سـەرەتایی $3x10^{-13}$ سـانتیمەترە و خێرایی ڕووناکی یەکسانە بە $3x10^{10}$ سانتیمەتر لەسەر چرکەیە. کە وا بوو ئەم کـاتە سـەرەتاییە یەکسـانە بە $10^{-23} = \frac{3x10^{-13}}{3x10^{10}}$ چـرکە. بە دابەشـکردنی تەمەنـی گەردوون(10^{17}) بەسـەر ئەم مەودا کـاتییەدا، ژمـارەی $10^{40} = \frac{10^{17}}{10^{-23}}$ دەدۆزرێتەوە، کە بـڕەکەی هەمـان ڕێـژەی نێوان هێزەکانی کارۆموگناتیسی و کێشکردنە. **دیراک** گوتی چونکە ئەم ڕێژەیە گەورەیەی نێوان هێزەکانی کارەبایی و کێشکردنی بەپێی تەمەنـی ئێسـتای گەردوون پیشـان دەدات، کە وا بـوو کاتێک تەمەنـی گەردوون بۆ نموونە نیوەی تەمەنی ئێستا بووە، ئەم ڕێژەیەش نیوەی ئێستا بووە، چونکە بەڵگەی گونجاو بـۆ گریمانەی ئەوە هەیە کە بـڕی کارەبای سەرەتایی، واتە e، بەپێی کات ناگۆڕێت. **دیراک** گەیشت بەو ئەنجامەی بڕی نەگۆڕی کێشکردنی، واتە G، بەپێی کات دادەبەزێت و ئەم کەمبوونەوەیە لەوانەیە لەگەڵ کشـانی گەردوون و شـێیبوونەوەی هێواشی ئەو مادەیەی پڕی کردوەتەوەدا بێت.

ئەم تێڕوانینەی **دیراک** دواتر لە لایەن **ئیدوارد تیلەر** (بـاوکی بـۆمبی هایـدرۆجینی) ڕەخنـە کـرا، کە سـەلماندی گـۆڕانی بـڕی نەگـۆڕی

کێشکردنی G لە ئەنجامی گۆڕانی پلەی گەرمیی زەوییەوەیە. ڕوونە کە دابەزینی کێشکردن لە ئەنجامدا دەبێت بە هۆی زیادبوونی نیوەتیرەی سوورگەی هەسارەکان، کە بەگوێرەی پێچەوانەی Gوە دەگۆڕێت (دەکرێت بەپێی یاساکانی میکانیک بسلمێندرێت). ئەنجامی ئەم کەمبوونەوەیە، گۆڕانی هاوسەنگیی ناوەوەی خۆریش هەیە، کە دەبێت بە هۆی گۆڕانی پلەی گەرمیی ناوەوەیی و ڕێژەی وزەزێی کارلێکە ناوکییە گەرماییەکان. لە ڕووی تیۆری ڕێسای ئەستێرەکان و وزەزێی ئەستێرەکان، دەکرێت پیشان بدرێت کە درەوشاوەیی (Luminosity) سەرچاوەیەکی ڕووناکی بریتییە لەو بڕە ڕووناکییەی لەماوەی یەک چرکەدا دەری دەکات، خۆر بە ڕێژەی $G^{7.25}$ دەگۆڕن. چونکە پلەی گەرمیی ڕووبەری خۆر بەگوێرەی دابەشکردنی ڕەگی چوارەمی درەوشاوەیی خۆر لەسەر نیوەتیرەی سوورگەی زەوییەوە دەگۆڕێت، دەگەین بەو ئەنجامەی کە دەبێت پلەی گەرمیی ڕووبەری زەوی، گرێدراو بێت بە $G^{2.4}$ یان بە شێوەی پێچەوانەوە گرێدراو بێت بە $^{2.4}$(کات)وە، بەو مەرجەی G بە شێوەی پێچەوانە لەگەڵ کاتدا بگۆڕێت.

ئەگەر وای دابنێین تەمەنی کۆمەڵەی خۆر سێ ملیارد ساڵ بێت، ژمارەیەک کە لە کاتی گریمانەکردنەکەدا دەبێت ڕاست بێت. **تیلەر** بە هەژمارکردن تێگەیشت، کە لە سەردەمی **کامبرین** (نیو ملیۆن ساڵ لەوەوپێش) پلەی گەرمیی زەوی دەبێت پەنجا پلە لە سەرەوەی کوڵانی ئاودا بووبێت، بە شێوەیەک هەموو ئاوی هەسارەکەمان دەبێت بە شێوەی هەڵم بووبێت. چونکە بەپێی داتا زەویناسییەکان، ژیانێکی دەریایی زۆر پێشکەوتوو لەو کاتەدا هەبووە. **تیلەر** گەیشت بەو ئەنجامەی کە گریمانەی **دیراک** سەبارەت بە شیاویی گۆڕانبوونی نەگۆڕی کێشکردنی ناکرێت ڕاست بێت. بەڵام لەم دە ساڵەی دواییدا (مەبەست لە ساڵانی ١٩٥٠یە، (وەرگێڕ)) خەمڵاندنەکان بۆ تەمەنی کۆمەڵەی خۆر بەرەو بڕی زۆر گەورەتر ڕۆیشتووە و ژمارەی

دروست لەوانەیە پێنج ملیارد ساڵ یان تەنانەت زیاتر بێت. ئەم برە پلەی گەرمای سەرەتایی زەریاکان دەهێنێتە ژێر خاڵی کولان و رەخنەکەی **تیلەر** لا دەبات، بەو مەرجەی تریلوبیتەکان و لەشنەرمەکانی سیلورین توانینێتیان لە ئاوی زۆر گەرمدا بژین. ئەم بابەتە لەوانەیە بە زیادبوونی خێرایی بازدانە گەرماییەکان لە قۆناغە سەرەتاییەکانی پەرەسەندنی ژیان و بە هێنانەئارای پلەی گەرمیی زۆر پێویست بۆ ترشەکانی نیوکلیک لە قۆناغەکانی کۆنتر، یارمەتیی تیۆرییەکانی دێرینەناسی بدات.

بەم شێوە دەبینین هێشتا قسە لەسەر بابەتی شیاو بۆ گۆڕانبوونی نەگۆڕی کوانتەمی لە جێی خۆیدایە.

کێشکردن و تیۆری کوانتەم

وەک بینیمان یاسای **نیوتن** سەبارەت بە کارلێکی کێشکردنی لەنێوان بارستەکاندا، بە تەواوەتی وەک یاسای کارلێکی نیوان بارگەوەستان وایە و تیۆری بواری کێشکردنی **ئاینشتاین** بوارگەلێکی هاوبەشی زۆری لەگەڵ تیۆری بواری کارۆموگناتیسیی **ماکسوێل**دا هەیە. کە وا بوو ئەم چاوەڕوانییە سروشتییە، کە تەنێکی لەرەلەرکەر شەپۆلی کێشکردنی دروست بکات، هەر وەک چۆن بارگەیەکی لەرەلەرکەر شەپۆلی کارۆموگناتیسی دروست دەکات. لە گوتارێکی بەناوبانگدا کە لە ساڵی ١٩١٨دا بڵاو کرایەوە، **ئاینشتاین** ڕێگەچارەکانی هاوکێشە بنچینەییەکەی ڕێژەییەیە گشتییەکەی خۆی، کە ئەم گۆڕانکارییە کێشکردنییە بڵاو بوویەوە لە فەزادا بە خێرایی ڕووناکی پیشان دەدات، دۆزییەوە. ئەگەر ئەم شەپۆلە کێشکردنییانە هەبن، دەبێت لەگەڵ خۆیاندا وزە بگوازنەوە، بەڵام توندییەکەی، واتە بڕی وزەیەک کە دەیگوازنەوە، لە ڕادەبەدەر بچووکە. بۆ نموونە زەوی، لە جووڵەی سووڕگەیی خۆیدا بە دەوری خۆر، دەبێت نزیکەی 0.001 وات وزە بڵاو بکاتەوە، کە ئەنجامەکەی بەربوونەوەی بە ڕادەی یەک ملیۆنمی سانتیمەتر لە هەر ملیارد ساڵدا بەرەو خۆرە! کەس تا ئێستا بیری لێ نەکردوەتەوە ڕێگەیەک بۆ دۆزینەوەی ئەم شەپۆلە لاوازانە بدۆزێتەوە

(ئەم شــەپۆلانە لە ســاڵی ٢٠١٥دا بە شــێوەی فەرمــی دۆزینەوەیــان ڕاگەیاندرا، سەیری پاشکۆی ئەم کتێبە بکە، (وەرگێڕ)).
ئایا بە هەمان شێوە کە شەپۆلە کارۆموگناتیسییەکان دابەش دەبن بە بــوخچەی دانەدانەی وزە، یــان کــوانتەم، شــەپۆلە کێشــکردنییەکانیش دەبن بە بوخچە؟ ئەم وەڵامە کە بە ڕادەی تەمەنی کوانتەم کۆنە، دوو ســاڵ لەوەوپــێش لە لایەن **دیــراک**ەوە وەڵام درایەوە. **دیــراک** تــوانیی هاوکێشــەی بــواری کێشــکردنی بەکــوانتەمی بکــات و پیشــانی دا کە وزەی کوانتەمەکانی کێشکردن، یان کراڤیتۆنەکان یەکسانە بە نەگۆڕی پلانــک h کەرەتـــی لەرەلەرەکانیـــان. هەمـــان فۆرمـــول کە وزەی کوانتەمەکانی ڕووناکی یان فۆتۆن دەدات بەدەستەوە. بەڵام بادراوی سپین دوو بەرانبەری بادراوی فۆتۆنە.
شەپۆلە کێشکردنییەکان، بەهۆی لاوازبوونەوە، لە میکانیکی ئاسمانیدا زۆر گرنگ نین. بەڵام ئایا دەکرێت گراڤیتۆنەکان ڕۆڵیان لە فیزیای تەنۆلکە سەرەتاییەکاندا هەبێت؟ ئەم پارچە کۆتاییانەی مادە بە ڕێگە جۆربەجۆرەکــان، لە ڕێــگەی دەرکــردن یــان هەڵمژینــی کــوانتەمە تایبەتەکانی بوارەوە، کارلێکی دووبەدوویان هەیە. هەر بۆیە کارلێکی کارۆموگناتیســـی (وەک ڕاکێشـــانی بـــارگە کارەباییەکـــان بـــارگە جیاوازەکــان)، بــریتییە لە دەردان و هەڵمژینــی فۆتۆنەکــان. لەوانەیە کــارلێکی کێشــکردنی هەر بەم شــێوە پەیوەنــدیی بە گراڤیتۆنەکــانەوە بێــت. لەم چەنــد ســاڵەی دواییــدا دەرکەوتــووە، کە کــارلێکی مــادە لە هەنــدێک ئاســتی دیــاریکراودا ڕوو دەدات: یەکەم، کــارلێکی تونــد، کە هێــزە کارۆموگناتیســـییەکان لەخــۆ دەگرێــت. دووەم، کــارلێکی لاواز، وەک هەڵوەشــانەوەی بێتــا لە نــاو نــاوکێکی رادیۆئــاکتیڤ، کە لەودا ئەلیکترۆن و نیوترۆنێک دەردەچێت. سێیەم، کارلێکی کێشکردنی، کە زۆر لاوازترە لەوەی بە لاواز ناو ببرێت.
تونــدیی کارلێــک بەنــدە لەســـەر خێرایــی، یــان ئەگەری دەردان یــان هەڵمژینی کوانتەمەکەی. بۆ نموونە ناوکی ئەتۆم ماوەی بە نزیکەیی

$١٠^{-١٢}$ چرکە دەخایەنێت تا فۆتۆنێک دەربدات. وەک بەراوردکردنێک، هەڵوەشانەوەی بیتای نیوترۆنێک ئەم دوازدە خولەک دەخایەنێت، بە نزیکەیی $١٠^{١٤}$ جار درێژتر. دەکرێت هەژمار بکرێت ماوەی پێویست بۆ دەردانی گرافیتۆنێک لە لایەن ناوکەوە $١٠^{٦٠}$ یان $١٠^{٥٣}$ ساڵە! ئەم برە $١٠^{٥٨}$ ساڵ هێواشترە لە کارلێکی لاواز.

بەڵام نیوترینۆکان خۆیان تەنۆلکەگەلێکن کە لە ڕادەبەدەر ئەگەری هەڵمژینیان لاوازە، کە بریتییە لە کارلێک لەگەڵ جۆرەکانی تری مادە. ئەوان نە بارستاییان هەیە نە بارگە. **نیلز بۆر** تا ساڵی ١٩٣٣ ئەم پرسیارەی دەکرد: "چی جیاوازییەک لە نێوان نیوترینکان و کوانتەمەکانی شەپۆلی کێشکردنیدا هەیە؟" لە کارلێکی لاوازدا، نیوترینۆکان لەگەڵ تەنۆلکەی تردا دەردەچن، بەڵام ئەو پرۆسانەی کە تەنیا هەڵگری نیوترۆنن، واتە دەردانی جووتێک نیوترینۆ لە لایەن ناوکی وروژاوەوە، نیوترنێک و دژەنیوترۆنێک، چۆنە؟ کەس تا ئێستا ڕووداوی لەم شێوەیەی نەدۆزیوەتەوە، بەڵام لەوانەیە ڕوو بدات لە هەمان سکێڵی کارلێکی کێشکردنی.

جووتێک نیوترینۆ بادراوییەکەیان یەکسانە بە دوو، کە بڕی هەژمارکراوە بۆ گرافیتۆن لە لایەن دیراکەوە. هەڵبەت ئەمانە هەمووی ئایدیایە، بەڵام پەیوەندیی نێوان نیوترینۆ و کێشکردن، بوارێکی تیۆریی سەرنجڕاکێشە.

دژەکێشکردن

وێلز لە یەکێک لە چیرۆکە خەیاڵییەکاندا داهێنەرێکی ئەمەریکایی بە ناوی بەڕێز **کاڤۆر** باس دەکات، کە مادەیەکی بە ناوی کاڤۆریت دۆزییەوە کە هێزی کێشکردن لێوەی تێپەڕ نابێت، ڕێک وەک ئەوەی پلێتێکی مسی یان ئاسنین دەکرێت وەک قەڵغانی بۆ هێزە کارەبایی و موگناتیسییەکان بەکار بهێنرێت. پلێتێکی کاڤۆریتیش قەڵغانێکە بۆ هێزەکانی کێشکردنی زەمینی و هەر تەنێک نزیکی بێت، هەموو یان لانیکەم بەشی لە کێشەکەی خۆی لەدەست دەدات. کاڤۆر دەرچەگەلێکی لە کاڤۆریت دروست کرد کە دەیتوانی دابخرێت و بکرێتەوە. شەوێک کە مانگ لە ئاسماندا بوو، لە گەمییەکی گۆییندا دانیشت و هەموو دەرچەکانی کاڤۆریتەکەی کە لەسەر زەوی بوو، داخست و ئەوانەی کە بەرەو مانگ بوو، کردەوە. دەرچە داخراوەکان هێزەکانی کێشکردنی زەوی دەگەڕێننەوە، چونکە تەنیا لەژێر کاریگەریی هێزەکانی مانگدان، گەمییەکە بەرەو فەزا سەردەکەوێت و بەڕێز **کاڤۆر** دەباتە ناو سەرکەشییە نائاساییە فراوانەکانی مانگ. بۆچی وەها داهێنانێک ناموومکینە؟ یان ئایا بەڕاستی ئەم داهێنانە ناموومکینە؟ لێرەدا هاوشێوەیەکی قووڵ لەنێوان یاسای **نیوتن** بۆ کێشکردنی گەردوونی و یاسای **کولۆمب** سەبارەت بە کارلێکی بارگە

کارەباییەکان و یاساکەی **سێر هێمفری گیلبێرت** سەبارەت بە کارلێکی جەمسەرەکانی موگناتیسی لەئارادایە؛ ئەگەر بکرێت هێزەکانی کارەبایی و موگناتیسی بسڕێنەوە، بۆچی نەکرێت هەمان کار بە هێزەکانی کێشکردنی بکرێت؟

بۆ وەڵامدانەوە بەم پرسیارە، دەبێت میکانیزمی سڕینەوەی هێزە کارەبایی و موگناتیسییەکان لەبەرچاو بگرین، کە زۆر نزیکیی ڕێسای ئەتۆمی مادەوە هەیە. هەر ئەتۆم یان مۆلکیولێک کۆمەڵەیەکە لە بارگە کارەباییە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەکان، و لەناو کانزاکاندا ژمارەیەکی فراوام ئەلیکترۆنی نێگەتیڤی سەربەست هەیە، کە لە تۆڕێکی کریستاڵ لە ئایۆنەکانی موجەب دەجووڵێن. کاتێک پارچەیەک مادە لە ئاڕاستەکانی پێچەوانەدا جێگۆڕکێیان پێ دەکرێت، دەڵێن مادە جەمسەرگیراوە (Polarized). بوارێکی کارەبایی نوێ کە بە هۆی ئەم جەمسەرگیرییەوە دروست دەبێت لە ئاڕاستەی پێچەوانەی بواری سەرەتاییدایە و کەوتنەسەریەکی ئەم دوو بوارە توندییەکەیان لاواز دەکات. کاریگەرییەکی هاوشێوە لە سڕینەوەی بواری موگناتیسیدا هەیە، چونکە زۆربەی ئەتۆمەکان موگناتیسی بچووکن، کە کاتێک مادە لە بوارێکی موگناتیسیدا دادەنرێت، ئاڕاستە وەردەگرێت. لێرەشدا لاوازبوونی توندی بوار پەیوەندیی بە جەمسەرگیریی موگناتیسیی تەنۆلکە ئەتۆمییەکانەوە هەیە.

بۆ جەمسەرگیریی کێشکردنی مادە، کە سڕینەوەی هێزی کێشکردن مومکین دەکات، دەبێت مادە لە دوو جۆر تەنۆلکە دروست بوبێت: جۆرێک بە کێشکردنی موجەبەوە، کە لە لایەن زەوییەوە ڕادەکێشرێت و جۆرێکی تر بارستایی کێشکردنی سالب، کە لە لایەن زەوییەوە دوور دەخرێتەوە. بارگە کارەباییەکانی پۆزەتیڤ و نێگەتیڤ، هەروەها دوو جۆر جەمسەرگیریی موگناتیسی، بە یەکسانی لە سروشتدا هەن، بەڵام تەنۆلکەگەلێک بە بارستایی کێشکردنی نێگەتیڤەوە هێشتا نەبینراون (لانیکەم لە ڕێسای ئەتۆمەکان و مۆلکیولە ئاساییەکان). هەر

بۆیە مادەی ئاسایی ناتوانێت جەمسەرگیریی کێشکردنی تێدا دروست ببێت، ئەو جەمسەرگیرییەی بۆ سڕینەوەی هێزەکانی کێشکردن پێویستن. بەڵام ئەگەر دژەتەنۆلکەیەک کە فیزیاییەکان لەم چەند دەساڵەی دواییدا یارییان پێ کردووە لەئارادا بێت، چی دەبێت؟ ئایا ناکرێت بە بارگە نێگەتیڤەکان، ئەلیکترۆنەکانی پۆزەتیڤ، پرۆتۆنە سالبەکان، دژ نیوترۆنەکان و تەنۆلکە پێچەوانەکانی تر، بارستایی کێشکردنی نێگەتیڤیان هەبێت؟ ئەم بابەتە لە دیدی یەکەمدا وا دەردەکەوێت کە لە ڕێگەی تاقیکردنەوەوە، بە سادەیی وەڵام بدرێتەوە؛ تاقە کارێک کە دەبێت بکرێت، بریتییە لەوەی کە ببینین ئایا گورزەیەکی ئەلیکترۆنی پۆزەتیڤ یان پرۆتۆنی نێگەتیڤ، کە لە تاودەرێکەوە دێنە دەرەوە لە بواری کێشکردندا بەرەو سەرەوە لا دەدەن یان خوارەوە. چونکە هەموو ئەو تەنۆلکانەی کە بە شێوەی دەستکرد بە بۆمباردمانی ناوکی دروست دەبن، بە خێرایی نزیک لە خێرایی ڕووناکی دەجووڵێن، لاربوونەوەی گورزەیەکی ئاسۆیی بە هۆی هێزەکانی کێشکردنی زەوییەوە (جا چی بەرەو سەرەوە بێت یان خوارەوە)، زۆر زۆر بچووکە و نزیکە بە 10^{-12} سانتیمەتر (تیرەی ناوک) لە هەر کیلۆمەترێکدا. هەڵبەت دەکرێت خێراییە تەنۆلکەکان تا نزیکی خێراییە گەرماییەکان هێواش بکرێتەوە، وەک چۆن بۆ نیوترۆنەکان کراوە. لە تاقیکردنەوە نیوترۆنی، گورزەیەک لە نیوترۆنە خێراکان دەهاوێژرێتە ناو هێواشکەرەوەکان و دەبینرێت کە نیوترۆنە هێواشەکان بە نزیکەیی بە خێرایی دڵۆپەکانی باران دادەبارن. بەڵام هێواشبوونەوەی نیوترۆنەکان لە ئەنجامی بەرکەوتنە لەگەڵ ناوکی مادە هێواشکەرەوەکان و هێواشکەرەوەی باش، وەک کاربۆن و ئاوی قورس، مادەگەلێکن کە حەزی ئاوێتەبوونی کەمیان بۆ نیوترۆن هەیە و ئەوان لە بەرکەوتنە یەک لەدوای یەکەکاندا هەڵنامژن. هەڵبەت هەر هێواشکەرەوەیەکی دروستبوو لە مادەی ئاسایی تەڵەیەکی مەرگ دەبێت بۆ دژە نیوترۆنەکان، کە زۆر خێرا بە هۆی نیوترۆنی ئاسایی

نــاو نــاوکی ئەتــۆمی ئاســایی تێــدا دەچێــت. هەر بــۆیە لە دیــدی تاقیگەییەوە، بابەتی کێشکردنی دژەتەنۆلکە وەک خۆیەتی.

لە دیــدی تیۆرییشــەوە، هێشــتا ئەمە بــابەتێکی کــراوەیە، چــونکە تیۆرییەکمــان نییە کە پەیوەنــدیی نێــوان کێشــکردن و کارۆموگناتیســی پێشبێنی بکات (دەبێت خوێنەری بەڕێز ئاگەدار بێت ئەم کتێبە پێش هاتنەئارای تیۆری کێشکردنی کوانتەمی و تیۆری ڕێسمان نووسراوە، هەرچەنــد ئەمــانەش تــا ئێســتا لە تــاقیگە پشتڕاســت نەکــراونەتەوە و تیۆرییەکانیش هێشتا لە سەرەتادان، بۆیە دەکرێت بگوترێت ئەم بابەتە ئێســتاش کــراوەیە، (وەرگێــڕ)). بەڵام دەکرێــت بگوترێــت کە ئەگەر تــاقیکردنەوەیەک پیشــانی بــدات، کە دژەتەنــۆلکە دەبێــت بارســتایی کێشــکردنی نێگەتیڤی هەبێت، بە پووچکردنەوەی پرەنســیپی هاوتــایی بارســتایی، گــورزێکی گــورچکبڕ دەکەوێــت لە تیــۆرییە تەواوەکەی **ئاینشــتایین**. بەڕاســتی ئەگەر لە نــاو کــابینی تــاودراوی **ئاینشــتایین** ســێوێک کە بارســتاییەکەی نێگەتــیڤە، بەر ببێــتەوە، ســێوەکە بەرەو سەرەوە دەکەوێتە خوارەوە (بەگوێرەی کەشتییە فەزاییەکە) و ئەگەر لە دەرەوە سەیری بکرێت، تاودانی جووڵەکەی دووبەرانبەری تــاودانی کەشتییە فەزاییەکەیە، بێ ئەوەی بکەوێتە ژێر کاریگەریی هیچ هێزێکی دەرەکییەوە. کە وا بوو ناچارین کە لەنێوان یاسای بارنەگۆڕی **نیوتن** و پرەنسیپی هاوتــایی **ئاینشــتایین**، یەکێکیــان هەڵبژێرین؛ هەڵبژاردنێک کە هەڵبەت لە ڕادەبەدەر قورسە.

پاشکۆ

دۆزینەوەی شەپۆلەکانی هێزی کێشکردن (Gravitational Force)

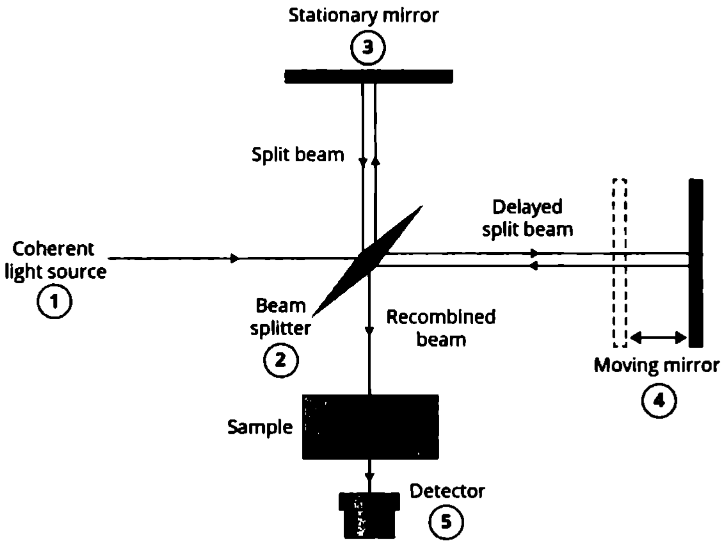
لە بەرواری ٢٠١٦/٢/١١ لە *ویلایەتە یەکگرتووەکانی ئەمەریکا*، سەعات ٣:٣٠ی پاشنیوەڕۆ بە کاتی گرینیچ، بەرئەنجامی تاقیکردنەوەکە ڕاگەیەندرا و دەنگدانەوەیەکی گەورەی لە سەرتاسەری جیهاندا دروست کرد.

چۆن تیۆرییە گەورەکانی کایەی زانستە سروشتییەکان شۆڕشی گەورە بەرپا دەکەن، هەمان شت تاقیکردنەوە گەورەکانیش شۆڕشی گەورە دروست دەکەن و ئەوەی بەدوایاندا دێت لە پێشبینی دەردەچێت. تاقیکردنەوەکان گرنگن بۆ تیۆری: گەر تیۆرییەکە بسەلمێنن ئەوا شۆڕشی زانستی بەرپا دەکەن و گەر تیۆرییەکەش ڕەت بکەنەوە ئەوا دەبنە هۆی سەرهەڵدانی تیۆری جێگرەوە و زۆر جار گۆڕانی دونیابینی و قڵپکردنەوەی کایەیەک بە تەواوی. بۆ نموونە، ئەوە **کۆپەرنیکۆس** بوو کە مۆدێلی تۆلەمای (Ptolemy) بۆ گەردوون ڕەت کردەوە (سەنتەربوونی زەوی) و لەبری ئەوە، مۆدێلێکی دانا کە خۆر لە سەنتەر بوو و بە تیۆری باشتر ڕاڤەی دیاردەکانی دەکرد و لۆجیکیتر بوو و ئاسانتر بوو، زۆر شتی تر کە بۆ تیۆری سەرکەوتوو پێوەرن. ئەم مۆدێلە دوای مردنی **کۆپەرنیکۆس** بەیان کرا، بەڵام کەس باوەڕی پێ نەدەکرد، **جیۆردانۆ برۆنۆ** نەبێت کە بە هۆی ئەم باوەڕەوە پیاوانی کڵێسا بە زیندوویی و

به بەرچاوی خەڵکەوە سووتاندیان. ئەوەی وای کرد مۆدێلەکە ببێتە جێی متمانەی خەڵکی زانستخواز، تاقیکردنەوەکانی **گالیلۆ** بوون. **گالیلۆ** تەنیا بە تاقیکردنەوەی ورد لە ڕێی تەلەسەکۆپی تازەوە، کە خۆی دروستی کردبوو، ڕاستی و دروستیی مۆدێلەکەی سەلماند. کە ئەمە بووە بەردی بناغەی زانستی مۆدێرن و دواتر کیبلەر مۆدێلی وردتری دانا و **نیوتن** بە یاسا سادە و ناوازەکانی بەردی بناغەی فیزیای مۆدێرنی دانا و بەدوای ئەماندا شۆڕشەکانی زانست لەبنەهاتوون.

هەڵبەت تاقیکردنەوە گرنگەکانی کایەی فیزیا گەلێک زۆرن، کە شۆڕشی یەک لەدوای یەکیان بەرپا کرد و جیهانی ئەمرۆیان بونیاد نا. ناودارترینی بریتییە لە تاقیکردنەوەکەی **مایکلسۆن-مۆرلی** بۆ خێرایی ڕووناکی لە ساڵی ١٨٨٧دا. بەپێی فیزیای **نیوتن**، خێرایی تەنەکان ڕێژەیین و ناتوانین بە ڕەهایی پێوانەیەکمان هەبێت. واتا کاتێک باسی خێرایی تەنێک دەکەین، دەبێت بڵێین بە نیسبەت فڵانە چاودێرەوە. کاتێک **ماکسوێل** خێرایی ڕوناکیی زۆر بە وردی دۆزییەوە، بوو بە پرسیار لای زاناکان کە ئەم خێراییە بەگوێرەی چییەوە ئەوەندەیە. لەبەر ئەوەی ڕووناکی بە شەپۆل دانرابوو و شەپۆل پێویستیی بە ناوەندە، ناوەندێکی گریمانەییان دانابوو بە ناوی ئەسیر و دەگوترا کە خێرایی ڕووناکی بەپێی ئەو ناوەندە ئەو برەی **ماکسوێل** دەکات. بۆیە **مایکلسۆن** و **مۆرلی** زیرەکانە هەستان بە تاقیکردنەوەی خێرایی ڕووناکی و ئەگەری بوونی ناوەندێک بە ناوی ئەسیر: زەوی لە جوڵەدایا بە دەوری خۆردا، بەو ئاڕاستەیە پێوانەی خێرایی ڕووناکی بکرێت دەبێت جیاواز بێت بەراورد بە هەموو ئاڕاستەکانی تر. بۆ ئەم مەبەستە تاقیکردنەوەیەکی زۆر زیرەکانەیان کرد، بە ناردنی ڕووناکی بۆ سەر ڕوویەک و کردنی بە دوو ئاڕاستەی ستون لەسەر یەک و پاشان گەڕاندنەوەیان بە هۆی ئاوێنەوە و وەرگرتنیان لە وەرگرێکەوە. گەر خێرایی ڕووناکی لە هەردوو ئاڕاستەکە جیاواز بوون، ئەوا لادان لە خاڵی ترۆپک و چاڵی

دوو شەپۆلەکە دروست دەبێت و ناچنەوە سەر یەک و بەم هۆکارە هێڵی تاریک لەسەر وەرگرەکە دروست دەکەن. هەروەها ئەگەر خێرایی ڕووناکی وەک یەک بوو، ئەوا شەپۆلەکان بە یەکدا دەچن و یەک گەورە دەکەن و خاڵی ڕووناک دروست دەکەن. هەر چۆن تاقیگەکەیان دەخولاندەوە بە گۆشەی جیاواز لەسەر ئاڕاستەی ڕۆشتنی زەوی، هەمان بەرئەنجامی دەدا: دەرکەوتنی خاڵی ڕووناک لەسەر وەرگرەکە، واتا لە هەموو بارەکان ڕووناکی بە هەموو ئاڕاستەکان یەک خێرایی نەگۆڕی هەبوو! ئەمە درزی گەورەی خستە سەر یاساکانی **نیوتن** و ڕێژەییبوونی خێرایی لەو ئاستەدا شکستی خوارد: یانی چی خێرایی ڕووناکی ڕەهایە؟ ئەوە بوو ئەم قەیرانە **ئاینشتاین**ی دروست کرد و بە تیۆری ڕێژەیی تایبەت ئاسان گرفتەکەی چارەسەر کرد؛ خاوبوونەوەی کات!



هێڵکاریی تاقیگەکەی مایکلسۆن-مۆرلی

یاسـای ڕێژەیـی تـایبەت لەگەڵ سروشـت نەدەگونجـا، چـونکە خێرایـی نەگـۆڕ دەگـمەنە و ئەوەی دەیبینـین بـریتییە لە گـۆڕانی بەردەوامـی خێرایی، چ بە هۆی کات بێت یان ئاڕاستە. پاش هەشت سـاڵ کۆششـی بەردەوام، ناوازەترین تیۆری فیزیا لەدایک بوو، تیۆری ڕێژەیی گشتی. بەپێی ئەم تیۆرییە، کێشکردن ڕاکێشـان نییە، بەڵکو پاڵنانە! پاڵنـانەکەش بە هـۆی چەمـانەوەی چوارڕەهەنـدیی بۆشـایی-کـاتەوەیە. تیـۆر جگـە لەوەی دەبێـت ڕاڤەی گـرفتە کەڵەکەبووەکـان بکـات، هەروا دەبێـت پێشبینیی هەبێت و تاقی بکرێتەوە. تیۆری ڕێژەیی گشتی ڕاڤەی هێزی کێشـکردن و لادانـی خـولگەی *عەتـارد* و زۆر شـتی تـری دەکـرد، بەس پێشبینیی بەهێزترین چەکی هەر تیۆرییەکە، ئەوە بوو لە سـاڵی ١٩١٩دا تـاقیکردنەوەیەکی گرنـگ لە لایەن **ئارسـەر ئێـدینگتن**ەوە بـۆ تیـۆرییەکە کرا، بەوەی سەلمێندرا کاتی خۆرگیران ئەستێرە دەرکەوتووەکانی پشت خـۆر ڕێـرەوەی تیشـکەکانیان دەچەمێـنەوە بە هەمـان ئەو بـڕەی کە تیـۆرییەکە پێشـبینیی دەکـرد! ئەمە کـاتی خـۆی دونیـای هەژانـد و **ئاینشـتاین**ی کـردە سوپەرسـتاری زانسـت و بە خوێنـدەوار و نەخوێندەوارەوە دەیانویست شت لەسەر ئەم زانا دەرکەوتووە بزانن، کە بە هاوکێشەیەک سەرلەبەری دونیابینیی مرۆڤی گۆڕی.

یاسای ڕێژەیی گشتی هێندە شـۆک بوو، کە **ئاینشتاین** خۆشـی زۆر بەرئەنجـامی ڕەت کـردەوە. بەپێـی ئەو یاسـایە دەرکەوت گەردوون دەکشـێت، کە ئەوکـات بە وەسـتاو دادەنـرا، ئەمە **ئاینشـتاین**ی وا لـێ کرد نەگۆڕێک بۆ هاوکێشەکە زیاد بکات، بەڵام هێندەی نەبرد **هەبڵ** بە تەلەسـەکۆپەکەی پێـوانەی خێرایـی گەلەسـتێرەکانی کـرد و بـۆی دەرکەوت گەردوون دەکشێت و **ئاینشتاین** ئەو گۆڕینی هاوکێشـەیەی نـا ونـا گەورەتـرین هەڵەی ژیـانی و هاوکێشـەکەی گێـڕایەوە بـۆ بنەڕەتیـیەکە. بەپێـی ڕێژەیـی گشـتی، کەڵەکەبـوونی بارسـتایی زۆر پچڕان لە تۆڕی بۆشـایی-کات دروست دەکات و بەمەش کونەڕەش

دروست دەبێت، **ئاینشتاین** درکی بەمە کرد، بەڵام ڕەتی کردەوە لە واقعدا شتی وا دروست ببێت. هەڵبەت نزیکی بیست ساڵ دوای مردنی، ئەم جارە ئەو تەنە نامۆیانە درکیان پێ کرا! هەر بەپێی ڕێژەیی گشتی، مادەم تۆڕی بۆشایی-کات بە هۆی بارستاییەوە دەنوشتێتەوە، کە واتا زۆر ئاساییە کە بە هۆی تەقینەوە و تێکشکانی بارستە گەورەکان شەپۆل لەم تۆڕە دروست ببێت و بەمەش شەپۆلەکانی کێشکردن دروست ببن. **ئاینشتاین**، ساڵی ١٩١٦، واتا ساڵێک دوای دانانی ڕێژەیی گشتی، درکی بەمە کرد، بەڵام ئەوەشی ڕەت کردەوە کە لە گەردووندا ئەو دیاردەیە ڕوو بدات و ئەگەر ڕووش بدات، تەکنەلۆجیا بتوانێت درکی پێ بکات!

بە داخەوە، **ئاینشتاین** لە ژیاندا نەما کە ببینێت بە هۆی پێشکەوتنی تەکنەلۆجیاوە، ئەو شتانەی ئەو ڕەتی دەکردنەوە و بەرئەنجامی تیۆرییەکەی خۆی بوون، ببینێت. دوو دەیە دوای مردنی، درک بە کونە ڕەشەکان و تەنە زەبەلاحەکانی تر و ئەگەری بوونی شەپۆلی کێشکردن کرا. ساڵی ١٩٧٤ دوو زانا تێبینی ئەوەیان کرد کە دوو ئەستێرەی نیوترۆنی زۆر گەورە بە دەوری یەکدا دەخولێنەوە و ئەو خولانەوە خێرایە ئەگەری زۆرە شەپۆلەکانی کێشکردن دروست بکات. بۆ ماوەی هەشت ساڵ تێبینی ئەم دوو ئەستێرەیەیان دەکرد و دەیانبینی وردەوردە لێک نزیک دەبنەوە و جووڵەکانیشیان تەواو بەپێی یاسای ڕێژەیی گشتی دەڕوات، بۆیە زیاتر دڵنیا بوون لە ئەگەری بوونی شەپۆلەکانی کێشکردن و خۆیان بۆ تەرخان کرد. لە ماوەی ئەم چل ساڵەدا بەردەوام زاناکان بۆ ئەم شەپۆلە گەڕاون و ناڕاستەوخۆ لە ڕێی تیشکە شەپۆلەکانەوە درکیان پێی کردووە، بەڵام چونکە پێوانی ڕاستەوخۆ نەبووە، هەرگیز بە شتێکی دڵنیا وەرنەگیراوە. گرفتی ئەم شەپۆلانە ئەوەیە کە زۆر وردن و درکپێکردنیان زۆر گرانە و تاقیگەی ئێجگار هەستیاریان دەوێت. بەڵام پێشکەوتنی تەکنەلۆجیا و هەوڵی بەردەوامی زاناکان، ئەوەی هێنایە دی!

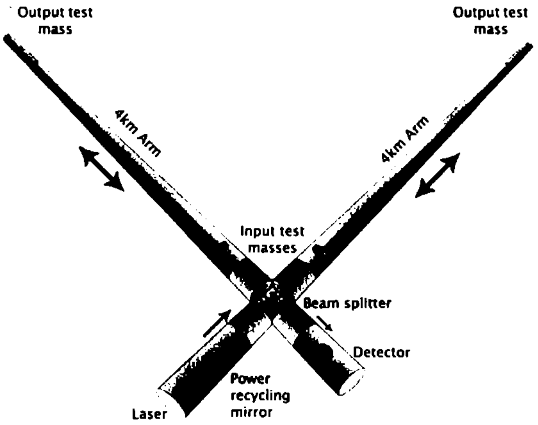
دوو کونەڕەش لە دووریی ۳,۱ ملیار ساڵی ڕووناکی بە خێرایی سی کەرەت لە چرکەیەکــدا بە دەوری یەکــدا دەخـــولێنەوە و وردەوردە بەرەو نــاو یەک کـێش دەبــن و شـــەپۆلی بەهێــز دروســت دەکەن و بە تەقینەوەیەکی گەورە یەک دەگرن و دەبنە یەک کونی ڕەش! ئەم دوو کونە ڕەشــە یەکێکیـان بارسـتاییەکەی سیوشـەش هێندەی خۆر و ئەوی تریـان بیستونۆ هێندەی خۆر دەبێت، بەڵام تیرەیان نزیکی سەد و پەنجا کیلۆمەتر دەبێـت! بێهێـنە بەرچـاوت ئەو بارسـتاییە ئێجگـار زۆرە بەو تیـرە ئێجگـار بچـــووکە و بە خێرایــی ســی کەرەت لە چرکەیەکــدا بەرەو نــاو یەک بخـولێنەوە، دەبێـت چ شـەپۆلێک دروسـت بـکەن؟ هەڵـبەت ئەو شـەپۆلانە ئێجگـار بەهێـزن و دەوروبەریـان تـا دووریـی هەزاران سـاڵی ڕوونـاکی ڕادەمـاڵن. بەڵام ئەمـانیش وەک هەر شـەپۆلێک، لە ناوەنـد بەهێـزن و کە دوور دەکەونەوە وردەوردە لاواز دەبن، تا دەگەن بە ئێمە زۆر لاواز دەبن و نەک هەستی پێ ناکەین، بەڵکو ئامێری زۆر وردیش درکیان پێ ناکات. کە شـەپۆل لە تـۆڕی بۆشـایی-کـات دروسـت دەبێت، ئەم تـۆڕەش پێکـدا چـــووە بە بارســـتایی هەر تەنێکـــدا، دەبێـــتە هـــۆی چـــوونەوەیەک و درێژکـــردنەوەی ئەو بارســـتەیە بە بەردەوامـــی، واتـــا گـــۆی زەوی وەک لاسـتیکێک دێـتەوە یەک و درێـژ دەبێـتەوە، بەڵام ئەوەنـدە کەمە کە بـۆ ئەو قەبارە گەورەیەی گۆی زەوی بڕەکەی کەمترە لە تیرەی ناوکی ئەتۆمێک! ئەوجا چۆن دەپێورێت؟

شەپۆلەکانی کێشکردن بە هۆی خولانەوەی دوو کونەڕەش بە دەوری یەکدا

ئەو تاقیکردنەوە زیرەکانەیەی **مایکلسۆن** و **مۆرلی**، کە بوونە هۆی لەدایکبوونی ڕێژەیی و بوونە مۆدێلی باوی تاقیگە بۆ کایەی فیزیا، بە هەمان شیوە و بە پەرەپێدان و ئاڵۆزکردنی زیاتری، بوونەوە هۆی سەلماندنی چەند پێشبینییەکی زۆر گرنگی تیۆرییەکە!

ئەم تاقیکردنەوەیە لە لایەن تاقیگەی *Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory* (*LIGO*) ئەنجام درا. ئەم تاقیگەیە پێک دێت لە دوو تونێلی ستوون لەسەر یەک هەریەکە و بە درێژیی چوار کیلۆمەتر. جگە لەوەی لە کۆتاییەکانیدا ئاوێنە هەیە بۆ پێچەوانەوەکردنەوەی تیشکی لەیزەر، لە سەرەتاشەوە هەر ئاوێنە هەیە بۆ ئەوەی چوارسەد کەڕەت ئەو تیشکە لە تونێلەکەدا بێت و بچێت، بەم هۆیەوە ڕێرەوەکە درێژ دەبێتەوە بۆ هەزار و شەشسەد کیلۆمەتر. هەڵبەت تا درێژی زیاتر بێت، کاتی زیاتر دەخایەنێت و لادانی شەپۆلەکان ئاسانتر و هەستیارتر تۆمار دەکات. هەمان بیرۆکەی **مایکلسۆن** و **مۆرلی**، بەڵام لەبری ڕووناکی، لەیزەر دەدرێت لە ڕوویەک و دابەشی دوو بەشی یەکسان دەبێت و هەریەکە و بە ئاڕاستەیەک، کە ستوونن لەسەر یەک. گەر زەوی بلەرێتەوە، ئەوا ئەم دوو تونێلە ستوونە لەسەر یەک بە پێچەوانەی یەک ڕەفتار دەکەن: کە یەکیان درێژ دەبێتەوە ئەوی تریان کورت دەبێتەوە، بە پێچەوانەشەوە. ئەم کورت و درێژییە زۆر کەمە، چی دروست دەکات؟ بێگومان کاتێک دوای چوارسەد کەڕەت چوون و هاتنی گورزە لەیزەرەکان وەردەگیرێنەوە و دەچنەوە سەر یەک، گەر هیچ کورت و درێژییەک ڕووی نەدابێت، ئەوا دوو شەپۆلی هاتوو تەواو دەچنەوە سەر یەک و یەک لەناو دەبەن و وەرگرەکە هیچ لەیزەرێک وەرناگرێت، بەڵام گەر لادان ڕوو بدات، ئەوا وەرگرەکە لەیزەر وەردەگرێتەوە بە چڕیی جیاواز، لە کەمەوە بۆ زۆر. دیارە بە تەنیا

بەرئەنجامی تاقیکردنەوە مانا نابەخشێت، دەبێت حیساباتی تیۆری بکرێت و بەراوردی هەردوو زانیاریی بەدەستهاتوو بکرێت. ئەم دوو کونە ڕەشە ئاسان نییە بە حیسابات ڕەفتاری شەپۆلەکانیان بدۆزرێنەوە، پێویستیی بە بەمۆدێلکردنە بە بەکارهێنانی یاسای ڕێژەیی گشتی لە سوپەرکۆمپیوتەرێکدا و بۆ ماوەی چەندین مانگ، ئەمجا ژمارەیان دەست دەکەوێت.



هێلکاریی تاقیگەی *LIGO*

ئەم تاقیکردنەوەیە لە یەک کاتدا لە دوو تاقیگەوە لە ویلایەتەکانی *لویزیانا* و *واشنتۆن* لە *ویلایەتە یەکگرتووەکانی ئەمەریکا* ئەنجام درا. دیارە بۆ دڵنیابوون دوو تاقیگە بەکار دەهێنن، ئەمە دڵنیایی تاقیکردنەوەکە زۆر بەرز دەکاتەوە. ئەوەی سەرسوڕمانی دروست کرد، ئەوە بوو کە بەرئەنجامی هەردوو تاقیکردنەوە زۆر ورد لەگەڵ

حیساباتە تیۆرییەکان هاتنەوە و شەپۆلەکانی کێشکردن هەمان ئەوەن کە تیۆری ڕێژەیی گشتی پێشبینییان دەکات. بەمەش تیۆری ڕێژەیی گشتیی **ئاینشتاین** لە هەموو تاقیکردنەوەکانی تا ئێستا کراون دەرچوون و ئەوەی خۆی ڕەتی دەکردەوە، هەمووی سەلمێندرا! کونە ڕەشەکانیش، کە پێشتر ناڕاستەوخۆ درکیان پێ کرابوو، لەم تاقیکردنەوەیە ڕاستەوخۆ درکیان پێ کرا. بۆیە ئەم تاقیکردنەوەیە شۆڕشێکی زانستیی گەورە لە بواری فیزیا بەگشتی و بەتایبەت گەردوونناسی دروست دەکات. کەسێک کە زۆر بەمە خۆشحاڵ بوو، حەتمەن **ستیڤن هۆوکینگ**ە، زانای تایبەتی بواری کونە ڕەشەکان. هەرچەند پێشتر بە هەڵە خەڵک ئەوە حاڵی بوو کە گوایە **هۆوکینگ** گوتوویەتی کونەڕەش بوونی نییە. دیارە ئەو مەبەستی ئەوە بوو کە هێندە ڕەش نین نەبینرێن، بەڵکو کوانتەم ڕێگە دەدات کە لە هەندێک حاڵەتدا تیشک دەرباز بێت و زانیاری درک پێ بکرێت، بەڵام لەمەودوا پێویست بەوە ناکات، شەپۆلەکانی کێشکردن پڕن لە زانیاریی زۆر ورد و تێکنەچوو.

وێنەی یەکێک لە تاقیگەکان، ویلایەتی لویزیانا

بۆچی بەرئەنجامەکانی ئەم تاقیکردنەوەیە گرنگن؟

پێشتر کە زاناکان لە گەردونیان دەکۆڵییەوە، سوودیان لە شەپۆلە کارۆموگناتیسییەکان دەبینی، کە گرفتیان زۆرە. ئەم شەپۆلانە کاریان تێدەکرێت بە هۆی تۆزی گەردوونی و تێپەرینیان بە گاز و تەنەکانی تری گەردووندا و هەروەها چینەکانی بەرگەهەوای زەویش کاریگەرییان تێدەکات و بەو هۆکارە بەرئەنجامی ورد نادەن بەدەستەوە. هەروەها ناتوانرێت بە هۆیانەوە زانیاری دەربارەی کونە ڕەشەکان بەدەست بێت، چونکە کونەڕەش ئەم شەپۆلە دەمژێت و نایداتەوە، بۆیە پێشتر کونەڕەش بە هۆی کاریگەرییەکانیەوە و بە نزیکی زانیاریی لەسەر کۆ دەکرایەوە. هەروەها کارۆموگناتیسی بەکار نایات بۆ زانیاری بەدەستهێنان لەسەر مادەی تاریک کە بارستایی زیاتر لە ٩٠%ی گەردوون پێک دەهێنێت. زانیاری لەسەر تەقینەوەی گەردوون تا سێسەد و هەشتا هەزار ساڵ دوای تەقینەوەکە بە تاقیکردنەوە هەیە، چونکە دوای ئەوەندە ساڵ ئەم جارە ئەتۆمەکانی هایدرۆجین دروست دەبن و دەست دەکەن بە ناوکەیەکبوون و دەرکردنی تیشک، ئەوەش ناسراوە بە پرشنگدانەوەی شەپۆلە مایکرۆییەکانی پاشخانی گەردوون، Cosmic Micro-wave Background Radiation (CMBR)، کە ڕەنگە زۆرمان نەخشەکەیمان بینیبێت و ئەوەش کۆنترین نەخشەی گەردوون بوو مرۆڤ پێی گەیشتبێت، چونکە پێش ئەوە ڕووناکی لەدایک نەبووە تا ببینین. کە تەمەنی گەردوون دەخەملێندرێت بە ٨،١٣ ملیار ساڵ، ئەو سێسەد و

هەشتا هەزار ساڵەی سەرەتا بە ێگەی تیۆری بەدەست دێت نەک پێوانە، بۆیە ئێستا کاتی تاقیکردنەوەی ئەو تەمەنەشە!
شەپۆلەکانی کێشکردن بەدەستهێنانیان زۆر گرانە، بەڵام شیانی لێکۆڵینەوە و بەدەستهێنانن، چونکە ناشێوێن و ئەوەی سەرەتا دروست دەبێت، وەک خۆی دەگات پێمان؛ پێویستی بە ڕووناکی نییە و لە هەموو هێزێک دەرباز دەبێت و بەو هۆیەوە دەتوانین زانیاری بەدەست بهێنین لەسەر کونە ڕەشەکان و مادەی تاریک و تەقینەوەی گەورە و زۆر شتی تر. بیرمان نەچێت شەپۆل خۆی بریتییە لە تۆماری داتا، درێژیی شەپۆل و لەرەلەر و زۆر خەسڵەتی تر، دەتوانن زانیاریی وردمان بدەنێ لەسەر ئەوە ناوەندەی لێوەی دروست دەبن. زاناکان کە باسی ئەوە دەکەن ئەستێرەیەک چەند دوورە و بارستایی چەندە و گەرمیی چەندە و مادەکانی ناوی چین و زۆر شتی تر، ئەم خەسڵەتانەیان لە ڕێی شیتەڵکاریی شەپۆلی ڕووناکی بەدەست هاتووەوە و چنگ دەکەوێت. شەپۆلەکانی هێزی کێشکردن بە هەمان شێوە دەتوانن زانیاریی وردمان بدەنێ لەسەر هەموو ناوەندێک. هەڵبەت بۆ زانیاری لەسەر زۆرێک لە ئەستێرەکان و هەسارەکان، هەر ڕێگە کۆنەکە سوودی لێ دەبینرێت، چونکە شەپۆلی کێشکردن زەحمەتە لێیانەوە بەدەست بێت.
سوودی چی دەبێت بۆ لەمەودوا؟

1. بەدەستهێنانی زانیاریی تەواو لەسەر کونە ڕەشەکان و پێکهاتەی ناوکیان کە تا ئێستا بە تیۆریش پێشبینی نەکراوە و نازانرێت چی دەگوزەرێت و لە دەرەوەی هاوکێشە فیزیاییەکانیش بووە.
2. کاتێک دوو ئەستێرەی نوترۆنی بە یەکدا دەڕمێن، چی دەگوزەرێت لەو چرکەیەدا؟ یان زانیاریی ورد لەسەر تەقینەوەکانی سوپەرنۆڤا.

3. گەڕانی وردتر بۆ مادەی تاریک و بەدەستهێنانی زانیاریی ورد لەسەری و لێکۆڵینەوەلەسەرکردنی.
4. لە هەمووی گرنگتر، گەیشتن بە چرکەساتی یەکەمی تەقینەوە گەورەکە. کاتەکەی بە تەواوی، پێکهاتەکەی لەوکاتی سەرەتایەدا، خەسڵەتی هێزەکان و جیابوونەوەیان و دروستبوونی تەنۆلکە بنەڕەتییەکان و پاشان سەرهەڵدانی یەکەم ئەتۆم.
5. هەڵبەت بۆ یەکبوونی هێزەکان گرفتی نێوان کوانتەم و ڕێژەییش زۆر بەسوود دەبێت.
6. وەک چۆن تیشکە جۆربەجۆرەکان کە دۆزرانەوە دواتر لە بواری تەکنەلۆجیا سوودیان لێ بینرا، بێگومان ئەمەش دەشێت لە بواری تەکنەلۆجیادا زۆر داهێنانی پێ بکرێت.

هەندێک زانیاریی سەرنجڕاکێشی تر:

مێژووی گەڕان

ساڵی ١٩٦٢ دوو زانای ڕووسی پەیپەرێکیان نووسیی دەربارەی چۆنێتیی گەڕان بەدوای شەپۆلەکانی کێشکردن. ساڵی ١٩٧٢ **ڕاینەر وێیس** لە *زانکۆی MIT* پێشنیاری شێوە بینایی (Optic) کرد بۆ دۆزینەوەی شەپۆلەکانی کێشکردن و دوای ئەوە ساڵی ١٩٧٤ تێبینیی خولانەوەی دوو ئەستێرە نیوترۆنییەکە کرا، ساڵی ١٩٧٩، *دەزگای NSF* پارەی تەرخان کرد بۆ دیزاینی *تاقیگەی LIGO* لەسەر پێشنیارەکانی **وێیس**. ساڵی ١٩٩٤ دەست کرا بە جێبەجێکردنی پرۆژەکە و بڕی دووسەد و پەنجا ملیۆن دۆلاری بۆ تەرخان کرا، ساڵی ٢٠٠١ تەواو بوو. ئەم تاقیگەیە ساڵی ٢٠٠٢ تا ٢٠١٠ بەردەوام لە گەڕاندا بوو بەدوای شەپۆلەکانی کێشکردن، بەڵام بێ بەرئەنجام بوو، هەر بۆیە ساڵی ٢٠١٠ تا ٢٠١٥ کاری تری تێدا کرا و بڕی

دووسەد و پێنج میلیۆن دۆلاری تری تێدا سەرف کرا بۆ کۆمەڵێک تەکنیکی تازە تا بتوانن پێوانەی شەپۆلەکانی کێشکردن بکەن.

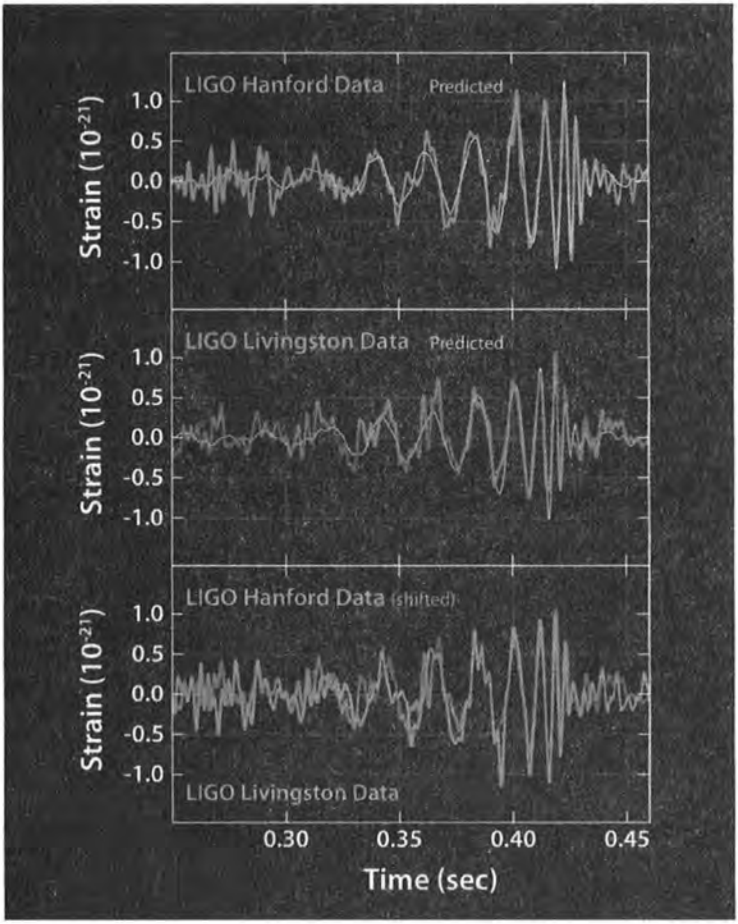
تاقیگەی LIGO

دانانی دوو تاقیگە، کە لە یەک کاتدا پێوانە بکەن، جگە لە سوودی دڵنیایی، سوودی تریشی هەیە. لە ئەندازەی پێوانەدا شتێک هەیە پێی دەگوترێت سێگۆشەکاری، کە بە هۆی پۆتانی دوو خاڵی زانراوەوە دەتوانرێت شوێنی خاڵی نەزانراو دیاری بکرێت، چ بە هۆی پێوانی گۆشەوە بێت یان درێژی. تاقیگەکەی *لویزیانا* حەوت میلی چرکە زووتر شەپۆلی پێ گەیشت، بەم هۆیە زانرا کە ئاڕاستەی شەپۆلەکە لە نیوەگۆی باشووری زەوییەوە هاتووە. هەروەها بە هۆی زانینی دووریی شوێنی ڕووداوەکە، دەتوانرێت تا ئاستێکی باش شوێنەکەی لە گەردووندا دیاری بکرێت.

کاریگەریی شەپۆلی تۆڕی بۆشایی-کاتی ئەو دیاردەیە نزیکی ١٠ توان -٢١ ی مەترێکە، بەمەش بڕی هاتنەوەیەک و درێژبوونەوە لە گۆی زەویدا بە نزیکی ئەندازەی ناوکی ئەتۆمێک دەبێت، کە دەکاتە ١٠ بە توانی -١٤. ئەم گۆڕانکارییانە لە کۆی درێژیی تیشکی تاقیگەکە، کە هەزار و شەشسەد مەترە، دەکاتە نزیکی ١٠ توان -١٥. هەڵبەت بۆ تاقیگە تەنیا ئەوە گرنگ نییە ئەم بڕە هەست پێ بکات، لەو دۆخەدا تاقیکردنەوەکە سەنگێکی نابێت، بەڵکو ئەم تاقیگەیە توانای هەستپێکردنی تا ئاستی ١٠ توان -١٩ هەیە، واتا دە هەزار هێندەی بڕی ئەوەی کە لە درێژیی تاقیگەکەدا ڕوو دەدات. پاشان ئەم زانیارییانە بە وردی بەراوردی ئەو داتایانە دەکرێن کە لە هاوکێشەی ڕێژەیی گشتییەوە بەدەست دێن و دەبێت ئاستی دڵنیایی تاقیکردنەوەکە لە سەروو پێنج-سیگماوە بێت (ئەم ستاندەردە بۆ بواری فیزیای تەنۆلکە پێوەرە). دیارە بەدەستهێنانی وەها وردییەک ئاسان نییە. چۆن ئەو وردییە لە هاتوچۆی ئەو شەپۆلانە بەدەست

دێت لە کاتێکدا بەر ئاوێنە دەکەون و بە هۆی لەرینەوەی کوانتەمی ئەم تیشکانە وەک خۆیان ناگەڕێنەوە؟ ئەمە ئەو تەکنیکە تازەیە بوو کە لە چاکسازیی سیستەمەکە بەکار هات، ئەویش بە بەکارهێنانی جۆرە تەکنەلۆجیایەکی بینایی بە ناوی (Quantum Optic)، کە لەسەر دیاردەی گیرۆدەیی کار دەکات و ئەو وردییەی بەدەستی دەهێنێت لە خەیاڵ بەدەرە. ئەمە وەک ئەوەیە لە خۆرەوە بۆ نزیکترین ئەستێرە، کە ئەستێرەی *سێنتاوری*یە، پێوانە بکەیت بە بڕێک هەڵە کە هێندەی ئەندازەی تاڵەموویەک بێت.

ئەم تاقیگەیە زیاتر لە هەزار زانای بواری جۆراوجۆر کاری تێدا دەکەن و زیاتر لە نەوەد ناوەندی زانستی تێیدا بەشدارن. یەکێک لە زانا ناودارەکان، زانای فیزیای تیۆری کیپ سۆرنە. ئەم زانایە پێشتر بەشدار بووە لە نوسینی سیناریۆی فیلمی *ئینتەرستێلا*، کە ساڵی ٢٠١٤ کرا بە فیلمێکی سەرنجڕاکێش و تایبەتە بە دیاردە سەمەرەکانی بواری فیزیا، وەک تونێلی کرمی و کونە ڕەشەکان.



هێڵکاری و بەراوردی شەپۆلە بەدەستهاتووەکان و پێشبینی کراوەکان

دوو کونە ڕەشەکە

بەپێی هەندێک زانیاریی سەرەتایی، پێدەچێت ئەو دوو کونە ڕەشە لە یەک ئەستێرەی زەبەلاحەوە لەدایک بووبن. لە کاتی تێکڕمانی ئەستێرەکە بەناو خۆیدا، خێرایی خولانەوەی وەها زۆر بووە کە

هێزێکی لە ناوەند دەرکەری گەورەی دروست کردووە و بەم هۆکارە ئەستێرەکە پێش بوونی بە کونەڕەش، دوولەت بووە و دووریی نێوان ئەو دوو بارستە جیاوەبووە نزیکی هێندەی تیرەی زەوی بووە. هەریەک لەم دوو بەشە جیایە، خێرا بوون بە کونەڕەش و خولانەوەکەشیان بە دەوری یەکدا بەهێزتر بووە. پێش تێکەڵبوونیان، خێراییان گەیشتووەتە نیوهێندەی خێرایی ڕووناکی، واتا سەد و پەنجا هەزار کیلۆمەتر لە چرکەیەکدا. بۆیە کە تێکەڵ دەبن، وزەیەکی هێندە گەورە دەردەپەڕێنن لە شێوەی شەپۆلەکانی کێشکردن، کە نزیکەی پەنجا هێندەی کۆی وزەی گەردوونیی بینراو دەبێت. ڕەنگە ئەوە جێی باوەڕ نەبێت، بەڵام ئەو دوو کونەڕەشە کە بارستایی هەردوکیان شەستوپێنج هێندەی بارستایی خۆرە، دوای تێکەڵبوونیان ئەو بارستاییەی دەمێنێتەوە شەستودوو هێندەی بارستایی خۆرە. واتا سێ هێندەی بارستایی خۆر تێدا دەچێت و دەگۆڕێت بۆ وزە. گۆڕانی بارستایی بۆ وزە بەپێی یاسا ناودارەکەی **ئاینشتاینە**: $E=MC^2$. بەم پێیە، دەبێت سێ هێندەی بارستایی خۆر کەرەتی خێرایی ڕووناکی بە توانی دوو بکرێت. بارستایی خۆر نزیکەی ٢ کەرەتی ١٠ توان ٣٠ کیلۆگرامە و خێرایی ڕووناکییش ٣٠٠ ملیۆن مەترە لە چرکەیەکدا. گەر ئەو نرخانە بخرێنە هاوکێشەکەوە، چ ژمارەیەک بە دەست دێت؟ نزیکەی ١٨ کەرەت ١٠ توان ٤٣ کیلۆ جووڵە! ئەو وزەیەی خۆر بەرهەمی دەهێنێت بە هۆی ناوکەیەکبوون و گۆڕینی بارستایی بۆ وزە، لە چرکەیەکدا نزیکەی دە ملیار هێندەی بۆمبێکی ئەتۆمییە، دیارە خۆر پێنج ملیار ساڵە وزە بەرهەم دەهێنێت و پێنج ملیاریشی ماوە، واتا دە ملیار ساڵ بەردەوام وزە دروست دەکات و لە هەر چرکەیەکدا بەو بڕەی باسمان کرد. جگە لەوەی کۆی ئەو وزە بەدەستهاتووە یەکسان نییە بۆ گۆڕینی کۆی بارستایی خۆر بۆ وزە، بەڵکو بڕێکی زۆر کەمی ئەم بارستەییە دەگۆڕێت. ئەم جارە بیهێنە پێشچاوت، لە چرکەیەکدا سێ هێندەی ئەم بارستاییە بە تەواوی

بگۆڕێت بە وزە؛ حەتمەن جێی سەرسامی نابێت کە بڕەکەی نزیکی پەنجا هێندەی کۆی وزەی گەردوونی بینراو بێت. گەردوونی بینراویش پێک دێت لە نزیکەی چوارسەد گەلەستێرە، هەر گەلەستێرەیەکیش سەدان ملیار ئەستێرەی تێدایە، بە قەبارەی بچووکتر و زۆر گەورەتر لە خۆر.

تاقیکردنەوە زانستییە گەورەکان شۆڕشی زانستیی گەورە بەدوای خۆیاندا دەهێنن؛ گەر تیۆرییەک ڕەت بکەنەوە، ئەوا زانست دەخەنە دۆخی قەیرانەوە و بەم شێوەیە زانستی نوێ سەرهەڵدەدات. هەروەها ئەگەر پێشبینیی ناوازەی تیۆرییەکیش بسەلمێنن، ئەوا ئەو بوارەی ئەو تیۆرییە گومانی لەسەر نامێنێت و دەچێتە بواری تیۆری و پراکتیکە زانستییەکانەوە و شتی نوێ ئاشکرا دەکەن.

سەرچاوەکان

- *کیرۆدەیی، گەورەترین نهێنیی فیزیا*، **ئامیر ئەسل**، و: **حوسێن حوسێنی**، **د. ئومێد غەریب**، *ناوەندی غەزەلنووس بۆ چاپ و بڵاوکردنەوە*، ٢٠١٥
- *پێناسەیەکی کورت بۆ هیچ*، **فرانک کلۆز**، و: **گۆران ئیبراهیم**، *ناوەندی غەزەلنووس بۆ چاپ و بڵاوکردنەوە*، ٢٠١٥
- *A Universe from Nothing*, Lawrence M Krauss
- www.ligo.caltech.edu