MİRNAMİK BƏŞİROV

“ÜMUMİ FİZİKA”

KURSU ÜZRƏ MƏSƏLƏ HƏLLİ

M E X A N İ K A

Lənkəran Dövlət Uniiversiteti üzrə
2-52 saylı 25 aprel 2016 cı il tarixli
əmri ilə nəşr hüququ verilmişdir.

2016

Rəy verənlər:

V.İ.Hüseynov -Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, "Mexanika və molekulyar fizika" kafedrasının dosenti,
S.Cəlilova – Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, "Fizikanın tədrisi metodikası" kafedrasının dosenti,
K.M.Cəfərov –Lənkəran Dövlət Universiteti, "Fizika riyaziyyat və informatika" kafedrasının dosenti,
O.Q.Mürsəliyev-Lənkəran Dövlət Universiteti, "Fizika-riyaziyyat və informatika" kafedrasının dosenti.

Bəşirov M.M. Ümumi fizika kursu üzrə məsələ həlli: Mexanika. Dərs vəsaiti. ....2016.

Kitabda ümumi fizika kursunun mexanika bölməsi üzrə məsələ həlli üçün zəruri olan nəzəri məlumatlar, 113 məsələ həllinə nümunə, 252 müstəqil həll etmək üçün məsələlər, məsələ həllində istifadə olunacaq riyazi dustur və ifadələr, bəzi fiziki cədvəllər, vahidlər və kəmiyyətlər verilmişdir. Kitabda həmçinin orta əsr alimləri haqqında məlumatlar vardır.

Kitab ali məktəbdə tədris aparan müəllimlər və tələbələr üçün nəzərdə tutulmuşdur. Kitab həmçinin orta məktəb müəllimləri və şagirdləri üçün faydalı hesab olunur.

Kitabda 67 şəkil, 17 cədvəl verilmişdir. 188 səhifə

K İ T A B I N   İ Ç İ N D Ə K İ L Ə R

***B**akalavr və magistrlərə yardımçı olmaq məqsədi ilə təklif edilən bu dərs vəsaiti özündə mexanikadan məsələ həlli metodikasını cəmləşdrir. Vəsait kurs proqramının tələblərinə uyğun hazırlanmışdır. Məsələlərin şərhində əsas diqqət fiziki mahiyyətlə yanaşı, onların həll metodikasına, bir sıra hallarda isə nəzəri məlumatların və metodik mülahizələrin praktik tətbiqinin araşdıırılmasına yer verilmişdir. Vəsait bakalavr və magistr pillələrində seminar məşğələlərində istifadə edilməsi məqsədəuyğun olduğundan və vəsaitin müsbət məziyyətlərini nəzərə alıb onun çap edilməsini zəruri hesab edirəm.*

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,
"Fizikanın tədrisi metodikası"
kafedrasının professsoru,
p.e.d. Ş.H.Əlizadə

ÖN SÖZ

Bilik mənəvi zənginlikdir. Kitab isə bilik mənbəyidir. Hər bir kitabdan istifadə edərkən, məhz Sizə lazım olan bir materialın burda olacağına əmin olmalısan. Kitab Sizin bu və ya basqa mənada mənəvi, beyin ehtiyaclarını ödəyən bir vasitədir. Hər oxunan bir məlumat Sizdə olan bilikləri artırmalı, onları ümumiləşdirib sistemləşdirməyə imkan verməli, sizi hədəfə yaxın etməlidir. Əlinizdəki kitabda hədəf, məsələ həlli ilə mexanika üzrə nəzəri məlumatların daha yaxşı mənimsənilməsinə kömək olmaqdır. Çalışmışıq bu hədəfə yaxın olaq.

"Ümumi fizika" kursu pedaqoji universitetlərdə müəllim, texniki universitetlərdə mühəndis və digər ixtisaslarının tədris planlarına daxildir. Fizikanın öyrənilməsində məsələ həlli prosesi mühüm rol aynayır və geniş imkanlara malikdir. Fizikadan məsələ həlli fiziki qanun və qanunauyğunluqları tətbiq edərək kiçik problemləri düşünməyə və riyazi yolla həll etməyə imkan verir. Bu səbəbdən tədris prosesini elə qurmaq lazım gəlirki, tələbələr gələcək peşə fəaliyyəti dövründə, təhsil müddətində aldıqları fiziki bilikləri səmərəli tətbiq imkanına malik olsunlar.

Təqdim olunan kitab "Ümumi fizika" kursunun "Mexanika" bölməsi üzrə auditoriya praktik məşğələsi aparmaq üçün nəzərdə tutulur. Kitab bu bölmə üzrə zəruri qısa nəzəri məlumatlardan, məsələ həlli nümunələri və sərbəst çalışmaq üçün məsələlərdən ibarətdir. Auditoriyada həll edilən və ev tapşırığı kimi veriləcək məsələlərin özü və sayı məşğələ arapan müəllim tərəfindən auditoriya səviyyəsinə görə seçilə bilər. Bəzi keyfiyyət məsələləri təqdim olunmuşdurki, bu da dərs prosesində müzakirə oluna bilər.

Kitabda fiziki kəmiyyətlərin vahidləri Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 2011-ci il 3 fevral tarixli 23 nömrəli qərarına əlavədən götürülmüş qaydalara əsasən yazılmışdır. Məsələn: sürət vahidi metr bölünmüş saniyə --m/s, kilometr bölünmüş saat---km/st və s. Və Kəmiyyət ölçüləri və çəkilər üzrə Baş Konfrans (KÖÇBK) tərəfindən qəbul olunan Beynəlxalq Vahidlər Sisteminin (Sİ) kəmiyyət vahidlərindən istifadə olunmuşdur (əlavəyə bax).

Kitabda həmçinin orta əsrlərin alimləri haqqında qısa məlumatlar verilmişdir. Şərq alimlərinin ixtiraları bir neçə yüz illərlə qərb ölkələri alimləri tərəfindən öyrənilmiş, onların əsərləri dərslik kimi istifadə və tədqiq olunmuşdur. Sonradan orta əsr Şərq alimlərinin əsərlərinin təsiri altında qərbdə elm dirçəlməyə başlamışdır. Digər alimlər haqqında nəzərdə tutulan ikinci kitabda məlumat veriləcəkdir.

Vəsait "Ümumi fizika" kursu üzrə auditoriya seminar məşğələsinin aparılmasının və sərbəst işlərin səmərəli təşkili üçün nəzərdə tutulur. Vəsaitdən eyni zamanda orta məktəbdə fizika üzrə dərs aparan müəllimlər, olimpiadaya hazırlaşan və müstəqil olaraq fizikanı öyrənənlərlər, eləcədə orta məktəb şagirdləri istifadə edə bilər.

Mexanikadan məsələ həllinin ümumi alqoritmi.

1. Məsələdə verilən və soruşulan kəmiyyətləri yazmalı
2. Verilənləri BS sistemində yazmalı.
3. Məsələ şərtindən asılı olaraq çertyoj, sxem və ya şəkil çəkməli.
4. Məsələnin məzmununa uyğun olan hansı qanun və ya qanunların tətbiq olunacağını təyin edməli.
5. Məsələni ümumi şəkildə həll edib, axtarılan kəmiyətin verilən kəmiyytlərlə əlaqəsini tapmalı, sonda axtarılan kəmiyyəti təyin

edən işçi ifadə almalı. Nöqtənin hərəkətinin xarakteri məsələlərin həlli (bərk cismin irəliləmə hərəkəti və b.) üçün zəruridir:
a) hərəkəti öyrənən cismə görə hesablama cismini seşməli;
b) koordinat sistemini onunla bağlamalı;
c) nöqtənin hərəkət qanunlarını vektor formada yazmalı;
d) verilmiş koordinat oxları üzrə tənlikləri proyeksiyada yazmalı;
e) baxılan məsələdə əlavə şərtləri yazmalı;
m) tənliklər sistemini həll edərək alınan cavabı analız etməli;
k) məsələdə bir neçə cisim iştirak edirsə, bütün cisimlər üçün ümumi olacaq hesablama başlanğıcı seçməli.
Cismin tərpənməz ox ətrafında fırlanma hərəkətini öyrənərkən hərəkətin bucaq xarakteristikalarına keçmək tələb olunur (bucaq yerdəyişməsi, bucaq sürəti, bucaq təcili). Bu kəmiyyətlər yalnız oxdan olan məsafədən asılı olacaq və bütün cisimlər üçün eynidir. Xətti kəmiyyətlər isə müxtəlif olacaq.
6. Hesablama aparmalı.
7. Sonda işçi dusturdan vahidlərin yoxlanmasını aparmaq məqsədəuyğun hesab edilir. Tapılan vahid axtarılan kəmiyyətin vahidi ilə üst-üstə düşməlidir.

P.S. Təbii ki, kursun bütün imkanlarını və zamanın transformasiyasını nəzərə almaq mümkün deyil. Bununla əlaqədar kitab haqqında öz fikrini bildirmək istəyən və bunu bilavasitə müəllifə çatdiran hər bir kəsə qabaqcadan təşəkkürümüzü bildiririk: Lənkəran Dövlət Universiteti, "Fizika- riyaziyyat və informatika" kafedrası və ya e mail: mbashirov@mail.ru

Sizin istənilən arzu və təklifləriniz diqqətlə nəzərdən keçiriləcəkdir və növbəti buraxılışlarda yerini tapacaqdır.

S İ Z L Ə R Ə   U G U R L A R

M. Bashirov

KİNEMATİKA

Kinematika – mexanikanın bir bölməsi olub, hərəkəti onu yaradan səbəbi araşdırmadan öyrənir.
Mexanikanın əsasə məsələsi –verilmiş zaman anında maddi nöqtənin vəziyyətini tapmaqdır.

❖ *İrəliləmə hərəkətinin kinematikası*

1.Düzxətli hərəkət.

Trayektoriyası düz xətt olan hərəkət düzxətli hərəkət adlandırılır. Düzxətli hərəkətdə yerdəyişmə vektoru uyğun trayektoriya ilə üst üstə düşür, hərəkət istiqaməti dəyişməzsə, yerdəyişmənin modulu gedilən yola bərabər olur.
Ümumi şəkildə düzxətli hərəkətdə ani sürət və təcil belə təyin olunur: $\vec{s} = f(t)$ yerdəyişmədir.

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{s}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d^2\vec{s}}{dt^2}.$$

t_2 - t_1 zaman intervalı üçün orta sürət

$$\upsilon_{orta} = (x_2 - x_1)/(t_2 - t_1).$$

Cismin vəziyyəti koordinatlarla təyin olunur.
Hərəkət qanunu – qabaqcadan verilmiş koordinat sistemində cismin vəziyyətini ixtiyarı zaman anında təyin etməyə imkan verən tənlik və ya tənliklərdir. Bir qayda olaraq hərəkət qanunu koordinat formada yazılması qəbul edilir.
1) düzxətli bərabərsürətli hərəkət üçün :

$$\vec{a} = 0; \quad \vec{\upsilon} = \frac{\vec{s}}{t} = const; \quad \vec{s} = \vec{\upsilon}t;$$

OX oxuna proyeksiya üçün

$$a_x = 0; \quad \upsilon_x = \frac{x - x_0}{t} = const; \quad x = x_0 + \upsilon_x t$$

2) düzxətli bərabərdəyişən hərəkət üçün

$$\vec{a} = const; \ \vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_o + \vec{a}t; \ \ \vec{s} = \vec{\upsilon}_o t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

OX oxuna proyeksiya halında

$$a_x = const; \quad \upsilon_x = \upsilon_{x0} \pm a_x t; \qquad x = x_0 + \upsilon_{x0} t \pm \frac{a_x t^2}{2}$$

Ixtiyarı xətt üzrə sabit $\vec{v}$ sürəti ilə baş verən bərabərsürətli hərəkəti iki asılı olmayan: OX və OY oxları üzrə uyğun olaraq v_x və v_y. sürətli düzxətli hərəkətlərə ayırmaq olar. Cismin trayektoriyanın istənilən nöqtəsində maddi nöqtənin ani $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ sürəti hərəkət trayektriyasına toxunan istiqamətdə yönəlir.

- ***Məsələ həllinə nümunələr.***

- ***Məsələ 1.*** *Maddi nöqtənin OX oxu üzrə düzxətli hərəkətinin kinematik tənliyi $x=A+Bt+Ct^3$, kimidir. Burada $A=4$ m, $B=2$ m/s, $C=-0,5$ m/s^3. Zamanın $t_1=2$ s anı üçün 1) nöqtənin **x_1** koordinatını, 2) **v_1** ani sürətini, 3) ani **a_1** təcilini tapın.*

Həlli: Koordinatı üçün kinematik tənliyi məlum olan cisim üçün zamanı nəzərə alaraq x_1 koordinatını hesablaya bilərik: $x=A+Bt_1+Ct_1^2$
A,B,C və zamanı nəzərə alsaq: $x_1=4$ m alarıq.
Ani sürət koordinatın bir tərtib törəməsi ilə təyin olunur:
$V=\frac{dx}{dt}=B+3Ct^2$ olacaq.
t_1- nəzərə alsaq $v_1=-4$ m/s alarıq.
Ani təcil isə sürətin zamana görə birinci törəməsi, koordinatın ikinci tərtib törəməsi ilə təyin olunacaq.

$$a=\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{dv}{dt}=6Ct$$

Hesablasaq: $a=-6$ m/s^2 alarıq. Sürətin və təcilin hər iki kəmiyyətin mənfi olması zamanın verilmiş anında maddi nöqtənin OX oxu əksinə artantəcillə yeyinləşən hərəkət etdiyini söyləyə bilərik.

- ***Məsələ 2**. Üfüqə bucaq altında atılmış cismin başlanğıc sürəti 10 m/s, 0,5 san sonra isə 7m/s oldu. Cisim hansı maksimal hündürlüyə qalxacaq?*

Verilir : $v_0=10$ m/s, $v=7$ м/с $t=0.5$ с Tapmalı: h

Həlli: Üfüqə bucaq altında atılmış cismin qalxa biləcəyi maksimal hündürlüyü hərəkətin şaquli istiqamətdə proyeksiyasını yazmaqla almaq olar.

$$h=S_y=\frac{v_y^2-v_{0y}^2}{2a_y};$$

Maksimal yüksəklikdə sürətin şaquli toplananı

v_y=0, və təcilin proyeksiyası $a_y = -g$:

$$h = \frac{v_{0y}^2}{2g}. \qquad (1)$$

Yuxarı atılmış cismin hərəkəti bərabər yavaşıyan olacaq, naməlum v_{0y} başlanğıc sürəti ani sürət dusturundan tapmaq olar: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ ifadəni proyeksiyada yaxsaq:

$$v_y = v_{0y} - gt \qquad (2)$$

Pifaqor teoreminə görə t anından sonra:

$$v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2, \qquad (3)$$

$$v^2 = v_{0x}^2 + v_y^2. \qquad (4)$$

Cismin üfüqi istiqamətdə sürətiinin proyeksiyası dəyişmir, çünki agırlıq qüvvəsinin təcili sürətin bu proyeksiyasına perpendikulyardır, onun qiymətinə təsir edə bilmir. $v_x = v_{0x} + a_x t$ dəyişmir $a_x = 0$. (4) və (3), (2)-ni nəzərə alsaq, alarıq:

$$v_0^2 - v^2 = 2v_{0y}gt - (gt)^2. \qquad (5)$$

(5) ifadəsindən V_{0y} -i tapa bilərik: V_{oy}=7,65 m/s.

(1) ifadəsindən: $h = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{7.65^2}{2 \cdot 9.8} = 2.99\text{м}$.

- ***Məsələ 3.*** *Cismin hərəkət tənliyi verilmişdir: $x=5t+0.8t^3$. başlanğıc hal üçün cismin sürətini və təcilini, ilk 5 san üçün orta təcili təyin edin.*

Verilib: $x=5t+0.8t^3$, $\Delta t=5$ *san* *Tapmalı:* $a_0=?$, $v_0=?$, $a_{orta.}=?$

Həlli: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, olduğundan, onda

$$v = \frac{dx}{dt} = 5 + 0.8 \cdot 3t^2. \qquad (1)$$

$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ dusturundan alarıq

$$a = \frac{dv}{dt} = 2.4 \cdot 2t = 4.8t\,. \qquad (2)$$

(1) və (2) ni nəzərə alsaq, t=0 üçün alarıq v_0=5 m/san, a_0=0 m/san^2.

Orta təcili belə təyin edərik: $\vec{a}_{cp.} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$, onda $a_{cp.} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_t - v_0}{t}$, 5 san sonrakı sürəti (1)-dən təyin edərik: $v_t=v_5=5+2.4 \cdot 5^2=65$ m/s. Nəticədə $a_{orta.}$=12 m/s^2.

- ***Məsələ 4****. Maddi nöqtənin OX oxu üzrə hərəkətinin kinematik tənlikləri $x = A + Bt + Ct^3$, kimi verilib: haradakı A=4 м, B=2m/s, C=-0,5 m/s^3. t_1=2 s. üçün:*
  1) nöqtənin x_1 koordinatını; 2) v_1 ; ani sürətini 3) a_1 ani təcilini təyin edin

Verilib: $x = A + Bt + Ct^3$, A=4 m, B=2m/s, C=-0,5 m/s^3, t_1=2 s.
Tapmalı: x_1; v_1; a_1.

Həlli. 1. Verilən hərəkət tənliyində t nin yerinə t_1 –in qiymətini yazaq: $x_1 = A + Bt_1 + Ct_1^{\,3}$.
A, B, C, t_1 qiymətlərini nəzərə alsaq: x_1 = 4 m alarıq.

2. Ani sürət: $\upsilon = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2$. t_1 anında ani sürət X-in bir tərtib törəməsi ilə təyin olunacaqdır. $\upsilon_1 = B + 3Ct_1^2$. B, C, t_1 in qiymətlərini yerinə yazsaq: υ_1= – 4 m/s. Mənfi işarəsi t_1=2 s anında maddi nöqtənin verilmiş istiqamətin əksinə hərəkətdə olduğunu göstərir. Nöqtə koordinat oxunun əksinə hərəkət edir.

3. Ani təcil: $a = \frac{d\upsilon}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = 6Ct$. t_1 anında təcil a_1 = 6Ct_1 bərabərdir. C, t_1-*in* qiymətlərini yerinə yazsaq: a_1= – 6 m/s^2. Burada mənfi işarəsi təcilin istiqamtinin seçilmiş koordinat oxunun əksinə olduğunu göstərir.

- ***Məsələ 5.*** *Maddi nöqtənin OX oxu üzrə hərəkətinin kinematik tənliyi* $x = A + Bt + Ct^2$ *kimidir. Haradakı* $A=5$ *m,* $B=4$*m/s,* $C=-1$*m/s*^{2}*.* $t_1=1$ *san. dən* $t_2=6$ *s. kimi hərəkətin orta* $v_{x\text{-}orta}$ *sürətini və orta təcilini təyin edin.*

Verilib: $x = A + Bt + Ct^2$, $A = 5$ m, $B = 4$m/s,
$C =-1$m/s^2, $t_1=1$s , $t_2=6$s.

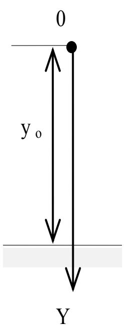
Tapmalı: $\upsilon_{x\text{-}orta}$ - ? $a_{x\text{-}orta}$ - ?

Həlli: t_2-t_1 intervalında maddi nöqtənin orta sürəti belə təyin olunur: $\upsilon_{orta}=(x_2-x_1)/(t_2-t_1)$.

$x_1 = A + Bt_1 + Ct_1^2 = 8$ м, $\quad x_2 = A + Bt_2 + Ct_2^2 = -7$ м.

x_1, x_2, t_1 , t_2 *-nin* qiymətlərini yerinə yazsaq, alarıq: $\upsilon_{x\text{-}orta} = -3$ m/s.

- ***Məsələ 6.*** *300 m yüksəklikdə olan helikopterdən yük buraxılmışdır. A) helikopter hərəkət etmirsə, B) helicopter şaquli 5m/s sürət enirsə, C) şaquli 5m/san sürətlə qalxırsa yükün yerə düşmə vaxtını təyin edin.*



Verilib:$y_o=300$м, $\upsilon_o=5$м/s.

Tapmalı: t - ?

Həlli. Y oxunu şaquli aşağı yönəldək, koordinat başlangıcını helikopterin ilk oldugu yerdə qərar verək və yer səthidən olan məsafəni y_o kimi işarə edək.

Helikopter hərəkət etməzsə, yükün hərəkət tənliyi belə olar:

$$y=gt^2/2. \qquad (1)$$

Yük yerə çatdıqda ($t=t_1$, $y=y_o$), (1) tənliyi $y_o=gt_1^2/2$ formasına düşər, buradan yükün yerə düşmə vaxtı

$$t_1=\sqrt{\frac{2y_o}{g}}; \qquad t_1=7{,}8 \text{ s.}$$

B) hərəkətin başlanğıcında yük helikopterlə birgə V_0 asürəti ilə aşağı düşdüyündən yükün hərəkət tənliyi

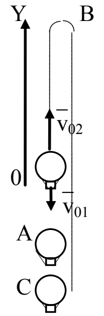
$$y=\upsilon_o t+gt^2/2. \qquad (2)$$

olacaq.
Yük yer səthinə çatdıqda ($t=t_2$, $y=y_o$), (2) tənliyi aşağıdakı formada olacaq:

$$y_o=\upsilon_o t_2+gt_2^2/2,$$

buradan $t_2^2+2\upsilon_o t_2/g-2y_o/g=0$.

Kvardat tənliyi həll etsək, iki cavab alarıq.



$$t_2=\frac{-\upsilon_0\pm\sqrt{\upsilon_0^2+2gy_0}}{g};\ t_2\approx 7{,}3\ \text{san.}$$

(tənliyin mənfi olan cavabı götürülmür).
C). Yükün hərəkət tənliyi yazaq:

$$y=-\upsilon_o t+gt^2/2 \qquad (3)$$

(hərəkətin başlanğıcında yük helikopterlə birgə v_o sürəti ilə şaquli yuxarı qalxır.) Yükün yer səthinə çatdığı an üçün ($t=t_3$, $y=y_o$) (3) tənliyi aşağıdakı formada yazıla bilər:

$$y_o=-\upsilon_o t_3+gt_3^2/2,$$

buradan $t_3^2-2v_o t_3/g-2y_o/g=0$.

$$t_3=\frac{v_0\pm\sqrt{v_0^2+2gy_0}}{g};\qquad t_3\approx 8{,}3\ \text{san (mənfi cavab nəzərə alınmır).}$$

- ***Məsələ 7.*** *2 m/s sürətlə şaquli aşağı düşən hava şarından, yük yerə nəzərən 18 m/s sürətlə şaquli yuxarı atılır. Yük maksimal qalxma yüksəkliyində olduqda yüklə hava şarı arasında məsafəni təyin edin. Nə qədər vaxtdan sonra yük aşağı düşərək hava şarının yanından keçəcək.*

Verilib: $\upsilon_{01}=2$ *m/s*, $\upsilon_{02}=18$ *m/s*
Tapmalı: s-? τ - ?

Həlli. Y koordinat oxunu şaquli yuxarı yönəldək. Kordinat başlanğıcını yükün atılmaanında hava şarının olduğu nöqtəni seçək. Bu zaman yükün və hava şarının hərəkət tənlikləri aşağıdakı kimi olar:

$y_1=-\upsilon_{01}t$; $\quad y_2=\upsilon_{02}t-gt^2/2$.

Yükün sürəti $\upsilon_2=\upsilon_{02}-gt$ qanunu ilə zamandan asılı olacaq.

Yükün maksimal qalxma yüksəkliyində sürəti sıfra bərabərdir: $v_2=0$. Onda yükün bu məsafəni qalxma vaxtı $t_{qalxma}=\upsilon_{02}/g$. B nöqtəsində yükün koordinatları:

$y_{2B}=\upsilon_{02}t_{qalxma} - gt^2_{qalxma}/2= \upsilon_{02}^2/2g$.

Bu zaman müddətində hava şarı A nöqtəsinə düşəcək: onun koordinatı

$y_{1A}= - \upsilon_{01}t_{\ qalxma}= - \upsilon_{01}.\ \upsilon_{02}/g$.

A və B nöqtələri arasında məsafə:

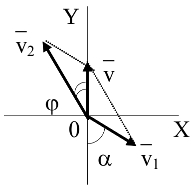
$s=y_{2B} - y_{1A}= \upsilon_{02}^2/2g+ \upsilon_{01}.\ \upsilon_{02}/g$.

Yük hava şarının yanından keçdikdən τ zaman intervalından sonra yükün və hava şarının koordinatları eyni olacaq:

$y_{1C}=y_{2C}$; $- \upsilon_{01}\tau = \upsilon_{02}\tau - g\tau^2/2$.

buradan $\tau = 2(\upsilon_{01}+v_{02})/g \approx 4$ san.

➢ ***Məsələ 8.*** *Təyyarə hansı kurs və hansı sürətlə hərəkət etməlidir ki, uçuş müddətində meridiana nəzərən 30 dərəcə bucaq altında 27 km/saat sürətlə şimal-qərb küləyi əsdiyi halda, özü şimal istiqamətdə 300 km yolu 2 saat müddətinə qət edə bilsin ?*



Verilib: $t=7{,}2/10^3 c$; $l=3.10^5$ m; $\alpha=30^o \approx 0{,}52$ rad; $v_2\approx 7{,}2$ m/s. Tapmalı: υ_2 -? φ -?

Həlli. Təyyarənin hərəkətinə Yerlə bağlı hesablama sistemində baxaq.

OX oxunu şərqə, OY oxunu şimala yönəldək. Onda verilmiş hesablama sistemində təyyarənin sürəti belə olacaq:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_1 + \vec{\upsilon}_2 \qquad (1),$$

haradakı $\upsilon=l/t$ (2) .

tənliyini proyeksiyalarla yazaq:

OX: $0=\upsilon_1 \sin \alpha - \upsilon_2 \sin \varphi$;

OY: $\upsilon= \upsilon_2 \cos\varphi - \upsilon_1 \cos \alpha$, və ya

$\upsilon_1 \sin \alpha = \upsilon_2 \sin \varphi$,

$$\upsilon_2 \cos\varphi=\upsilon_1 \cos \alpha + \upsilon \qquad (3).$$

İfadələrdən alarıq $tg\varphi=\upsilon_1\sin\alpha/(\upsilon_1\cos \alpha+ \upsilon)$,

(2) ni nəzərə alsaq

$$\mathrm{tg}\varphi = \upsilon_1 \sin\alpha / (\upsilon_1 \cos\alpha + l/t);$$

və

$$\varphi = \mathrm{arctg}\, \upsilon_1 \sin\alpha / (\upsilon_1 \cos\alpha + l/t) \approx 0{,}078 \text{ rad.}$$

(3) ifadəsinin sağ və sol tərəfini kvadrata yüksəldib alınan tənlikləri toplasaq

$$\upsilon_2^2 \sin^2\varphi + \upsilon_2^2 \cos^2\varphi = \upsilon_1^2 \sin^2\alpha + (\upsilon_1 \cos\alpha + \upsilon)^2,$$

Taparı, haradakı $\upsilon_2 = \sqrt{\upsilon_1^2 + 2\upsilon_1\upsilon\cos\alpha + \upsilon^2}$,

və ya (2) ni nəzərə alsaq

$$\upsilon_2 = \sqrt{\upsilon_1^2 + 2\upsilon_1\upsilon\cos\alpha + (l/t)^2} \approx 48{,}4 \text{ (m/s).}$$

- ***Məsələ 9.*** *Yer səthindən şaquli yuxarı 40 m/s sürətlə atılmış cismin t=7s sonra yerdən olan yüksəkliyini və bu müddətdə getdiyi yolu tapın.*

Verilib: $V_0=40$ *m/s, t=7 s*
Tapmalı: h=?, S=?

Həlli: OY oxunu cismin atıldığı yerdən şaquli yuxarı seçək. Şaquli yuxarı atılan cismin hərəkəti bərabər yavaşıyan olacaq: cismin sürəti yuxarı,ağırlıq qüvvəsinin verdiyi təcil isə aşağıdır. Cismin Y koordinati eyni zamanda onun verilmiş anda olduğu yüksəklikdir.

$$y = \upsilon_0 t - gt^2/2$$

Verilənləri nəzərə alsaq y=h=35 m alarıq.
Cismin getdiyi yolu iki variantla tapa bilərik:
- sürət zaman asılılığını yazıb, verilmiş zaman müddəti üçün sürətin zamandan asılı qrafikini quraraq, t oxundan yuxarıda və aşağıda alınan fiqurların sahələrini cəmləməklə:
- mərhələ-mərhələ yanaşmaqla: verilmiş sürətlə şaquli yuxarı atılmış cismin qalxma müddəti 4 san, qalxdığı yüksəklik isə 80 m olacaq.

$H = \upsilon_0^2/2g = 80$ m, $t = \upsilon_0/g = 4$ san.

Cisim hərəkətin qalan 3 saniyəsini sərbəst düşəcəkdir. $h=gt^2/2$ kimi hesablasaq t=3 san olarsa, h=45 m alarıq, nəticədə cisim 7 san müddətində 80m qalxır, 45 m isə enir. Getdiyi yol S=80+45=125 m olacaq.

- ***Məsələ 10.*** *Qayıq çayda iki məntəqə arasında məsafəni çay aşağı $t_1=8$ saata, çay yuxarı isə $t_2=12$ saata qət edir. Durğun suda qayıq bu məsafəni nə qədər vaxta qət edər?*

Verilib: $t_1=8$ *saat,* $t_2=12$ *saat*

Tapmalı: t

Həlli: Məntəqə arasında məsafəni L işarə edək. Qayığın sürəti V, çayın sürəti isə U olsun. Onda qayığın çayaşağı həərəkəti zamanı $L=(V+U)t_1$, çayyuxarı hərəkəti üçün isə $L=(V-U)t_2$ alarıq. Buradan $V+U=L/t_1$ və $V-U=L/t_2$ olar. Bu ifadələrdə qayığın sürətini tapaq: $V=(L/t_1+L/t_2)/2$ alarıq. Qayığın durğun suda həmin məsafəni qət etməsinə tələb olunan zaman
$t=L/V=2t_1t_2/(t_1+t_2)$ =9,6 saat.

- ***Məsələ 11.*** *Bərabərtəcilli hərəkət edən qatarın I vaqonu dayanacaqda durmuş müşahidəçinin yanından 6 san, II vaqonu 4 san keçir. III vaqon müşahidəçiin yanından nə qədər vaxta keçəcəkdir?*

Verilib: $t_1=6$ *s,* $t_2=4$ *s*

Tapmalı: t_3

Həlli: Bərabər təcilli yeyinləşən hərəkət üçün yerdəyişmə (yol) dusturu (bir vaqonun uzunluğu)

$$S=V_0t_1+at_1^2/2$$

İki vaqonun bir yerdə getdiyi məsafə (iki vaqonun birgə uzunluğu)

$$2S=V_0(t_1+t_2)+ a(t_1+ t_2)^2/2$$

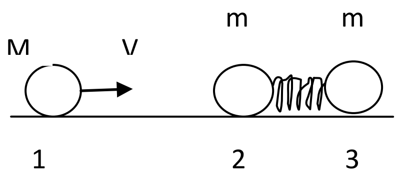
Üç vaqonun bir yerdə getdiyi məsafə (üç vaqonun uzunluğu)

$$3S=V_0(t_1+t_2+ t_3)+ a(t_1+t_2 + t_3)^2/2$$ alarıq.

İlk iki vaqonun keçməsinə sərf olan zamanları nəzərə alsaq,
$t_3=3$ san.

- ***Məsələ 12.*** *M kütləli kürə üfüqi müstəvidə hərəkət edərək bir-birinə yayla bağlanmış, sükunətdə olan iki m kütləli kürələrlə toqquşur. m/M nisbətini necə olmalıdırki, toqquşma ikinci dəfə təkrarlanmasın.*

Verilib: m,M,V
Tapmalı:m/M



Həlli: Zərbəyə qədər 1-ci kütlənin sürəti V, zərbədən sonra $V_{1,}$ 2 ci kürənin sürti isə V_{02} olsun. Zərbə müddəti yaya bağlanmış kürələrin rəqs periodundan çox kiçik olmasını nəzərə alsaq, alınırki yay deformasiyaya uğramır. İmpuls və enerjinin saxlanma qanunlarını nəzərə alaq:

$V_1=V(M-m)/(M+m)$ və $V_{02}=2VM/(M+m)$.

Zərbədən sonra 1-ci kürə brabərsürətlə hərəkət edəcək və t müddətində

$X_1=V_1t=Vt(M-m)/(M+m)$.

2-ci və 3 cü kürələrin zəərbədən sonra sürətləri $V^I=V_{02}/2=MV/(M+m)$,

sürəti ilə $\omega=\sqrt{\frac{2k}{m}}$ tezliklə rəqs edəcək. Və $X_2=V^It+A\sin\omega t$.

İkinci kürənin sürəti

$V_2=V^I+A\omega\cos\omega t$.

t=o anında $V_2(0)=V_{02}$, $V^I=V_{02}/2$, $A=V_{02}/(2\omega)=\frac{VM}{\omega(M+m)}$

Bu halda $X_2(t)=\frac{vmt}{M+m}(1+\frac{Sin\omega t}{\omega t})$

Kürələr ikinci dəfə o vaxt toqquşarki, t>0 olsun. $X_1(t)=X_2(t)$ olsun. Onda $Sin\omega t=-m\omega t/M$

$\omega t=\varphi$ və $y=-k\varphi$, $y=Sin\varphi$ tənlikləri qrafik həll etsək: $m/M\leq0,21$

$m/M>0,21$olduqda təkrar toqquşma baş verməyəcəkdir.

- ***Məsələ 13.*** *Cisim H yüksəklikdən sərbəst büraxılır. Hər dəfə yerə dəydikdə sürətini iki dəfə azalır. Dayanana kimi nə qədər yol qət edəcəkdir?*

Verilib: H, $V_n=V_{n-1}/2$
Tapmalı: S

Həlli: İlk toqquşmaya qədər getdiyi yol H olacaq. Yerə dəydikdən sonra sürəti iki dəfə azaldığına görə kinetik enerjisi dörd dəfə uyğun olaraq potensial enerjisi və qalxa biləcəyi yüksəklik 4 dəfə azalacaqdır. Deməli:
$S_1=H$, $S_2=2h_1=2H/4=H/2$, $S_3=2h_2=2H/16=H/8$ və sair.
Bütün bu yolları cəmləsək $S=S_1+S_2+S_3+....=H+H/2+H/8+...$
$S=H+H(1+1/4+1/16+....)/2$
Sonsuz azalan həndəsi silsilə alarıqki:
$1+\alpha+\alpha^2+...=1/(1-\alpha)$ nəzərə alsaq, $\alpha=1/4$ və $1+1/4+1/16+....=4/3$ olar. Nəticədə $S=5H/3$ alarıq.

- ***Məsələ 14.*** *Kürə h yüksəklikdən V sürəti ilə üfüqi atılır. Hər dəfə yerə dəydikdə sürətini azaldaraq sıçrayır. Kürənin hər dəfə toqquşmadan əvvəlki qiymətinin toqquşmadan sonrakı qiymətinə nisbəti sabit qalıb α-dır. Sürtünməni nəzərə almayın. Kürənin üfüqi istiqamətdə getdiyi yolu təyin edin.*

Verilib: *h, V,* ardıcıl toqquşmalarda şaquli sürətlərin nisbəti $U_{n+1}/U_n=\alpha$
Tapmalı: S

Həlli: İlk düşmə müddəti $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ olacaq. İlk toxunma anında isə şaquli sürət $U=\sqrt{2gh}$ olar. Bu halda ikinci toqquşmaya qədər kürənin üfüqi getdiyi yol $X_1=Vt_0=v\sqrt{\frac{2h}{g}}$ olacaq. Bütün toqquşmalarda kürənin sürətinin üfüqi toplananı sabit qalacaq (ağırlıq qüvvəsinin təcilinə perpendikulyar olduğuna görə). V=const. Amma şərtə görə kürənin sürətinin şaquli toplananı hər tooqquşmada eyni dəyişir: $U_1=\alpha U$, $U_2=\alpha U_1$, $U_3=\alpha U_2$ və sair. Və ya $U_1=\alpha\sqrt{2gh}$, ikinci toqquşmaya qədər məsafə $X_2=Vt_2=2Vt_1$, $t_1=U_1/g$ – birinci toqquşmadan sonrakı qalxma müddətidir, nəticədə birinci toqquşma ilə ikinci toqquşma arasındakı üfüqi məsafə $X_2=2V\alpha\sqrt{\frac{2h}{g}}$.

İkinci toqquşmadan sonra kürənin sürətinin şaquli toplananı $U_2=\alpha^2\sqrt{2gh}$, ikinci toqquşmadan üçüncü toqquşmaya qədər olan zaman müddəti t_3 olarsa, $t_3=2U_2/g$, bu halda ikinci toqquşma ilə üçüncü toqquşma arasındakı üfüqi məsafə

$$X_3=Vt_3=2V\alpha^2\sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ olar.}$$

Beləliklə üfüqi məsafələri toplasaq:

$$S=X_1+X_2+X_3+......= V\sqrt{\frac{2h}{g}}(1+2\alpha(1+\alpha+\alpha^2+...)).$$

$\alpha< 1$ olduğundan, azalan həndəsi silsil alarıqki,

$1+\alpha+\alpha^2+...=1/(1-\alpha)$.

Buradan kürənin üfüqi yolunu taparıq: $S=V\sqrt{\frac{2h}{g}}(1+\alpha)/(1-\alpha)$.

- ***Məsələ 15.*** *Küləksiz havada yağış altında dayanmış adam t_1=2 dəq ərzində islanır. V_1=5km/saat sürəti ilə qaçarsa, o t_2=1 dəqərzində islanacaq (İslanma – yəni üzərinə müəyyən miəyyən miqdar su töküləcəkdir). Adamın bütün hallarda şaquli vəziyyətdə olduğunu bilərək, 20 km/saat sürətl hərəkət etdiyi zaman neçə dəqiqəyə islandığını tapın.*

Verilib: $V_1=0$ t_1=2 dəq, V_2=5km/saat t_2=1 dəq, V_3=20 km/saat
Tapmalı: t_3

Həlli: Adam dayandıqda yağış onu yalnız yuxarıdan isladacaq. Vahid hcmdəki suyun kütləsim, adamın yuxarı səthinin (çiyinləri və başı) sahəsi S_1,yağış damcısının sürəti U, adamı isladan suyun kütləsi M olarsa, $M=mUS_1t_1$ olar.

Adam V_1 sürəti ilə hərəkət etdikdə yağış onu həmdə ön tərəfdən isladacaqdır. Adam hesablama sistemi kimi götürülsə, yağış damcılarının sürəti U və -V olacaq. Beləliklə

$M=mUS_1t_2+mS_2V_1t_2$ olacaq.

S_2 adamın ön hissəsinin sahəsidir.

Eyni səbəbə görə $M=mUS_1t_3+mS_2V_2t_3$ olacaq.

Sistemi həll etsək: $t=t_{1/}(1+t_1V_2(1-t_2/t_1)/t_2V_1)$ alarıq:

t_3=0,4 dəq.

- ***Məsələ 16.*** *Avtomobil yolun birinci hissəsini* $v_1 = 60$ *km/saat, qalan hissəsinin əvvəlini -* $v_2 = 15$ *km/saat, sonunu isə* $v_3 = 45$ *km/saat sürəti ilə keçmişdir. Avtomobilin bütün yol boyu orta sürətini tapın.*

Həlli: Məsələdə verilən "qalan" hissədə avtomobilin orta sürəti $\frac{v_2+v_3}{2}$.

S yolun t müddətində getdiyindən:

$$t = \frac{s}{2v_1} + \frac{S}{2\frac{(v_2+v_3)}{2}} = S\frac{2v_1+v_2+v_3}{2v_1(v_2+v_3)}.$$

Onda orta sürət üçün alarıq:

$$v_{orta} = \frac{S}{t} = \frac{2v_1(v_2+v_3)}{2v_1+v_2+v_3} = 40 \text{ km/saat}$$

- ***Məsələ 17.*** *Eskalator hərəkətdə olmayan insanı* $t_1 = 1$ *dəqiqə ərzində yuxariya qaldırır. Eskalator durduqda insan onun üzərində yuxarıya hərəkət edir və həmin yola* $t_2 = 3$ *dəqiqə sərf edir. Hərəkət edən eskalator üzərində yuxarıya qalxan insanın sərf etdiyi vaxtı tapın.*

Həlli: Məsələnin şərtinə görə insane eskalatorun uzunluğunu, eskalatıron oz sürətinə nəzərən gec qət edir. Eskalatorun sürəti daha çoxdur. Eskalatorun və insanın hərəkət istiqamətləri eyni olduqda eskalatordan çıxış mümkündür. S – eskalatorun uzunluğu, v – eskalatorun sürəti, u – hərəkət edən insanın sürəti olarsa,

$$v = \frac{S}{t_1}, \qquad u = \frac{S}{t_2},$$

Eyni istiqamətdə hərəkət etdiklərinə görə (bir cismin üzərində ikinci cismin hərəkəti zamanı kənar müşahidəçiyə nəzərən sürət cisimlərin sürətlərinin cəmidir). Onda

$$t_3 = \frac{S}{v+u} = \frac{S}{\frac{S}{t_1} + \frac{S}{t_2}} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{3}{4} \text{ dəq.} = 45 \text{ san.}$$

İnsan eskalatorun əksinə hərəkət edərsə, onda yerə nəzərən insanın sürəti v_{nisbi}= u-v olacaq. İnsanın sürəti eskalatorun sürətindən böyük olmalıdırki, o məqsədinə nail ola bilsin, eskalatoru tamamlaya bilsin (keçsin). Əgər insan eskalatıron sürətindən daha böyük sürətə malik olarsa,bu halda o eskalatorun əksinə hərəkət edərək onu tamamlaya bilər.

- ***Məsələ 18.*** *Sərbəstdüşən cisim son $S = 30$ m məsafəni $\tau = 0{,}5$ san ərzində keçdi. Hansı H hündürlüyündən düşdüyünü tapın?*

Həlli: Tutaq ki, t – cismin düşməsinin tam müddətidir. Onda

$$H = \frac{gt^2}{2}, \qquad H - S = \frac{g(t-\tau)^2}{2}.$$

Buradan

$$S = \frac{g}{2}(t^2 - (t-\tau)^2) = \frac{g}{2}(2t\tau - \tau^2),$$

$$t = \frac{S}{g\tau} + \frac{\tau}{2}.$$

Buradan da

$$H = \frac{g}{2}\left(\frac{S}{g\tau} + \frac{\tau}{2}\right)^2 = 200 \text{ m.}$$

- ***Məsələ 19.*** *İlkin təkandan sonra top maili müstəvi üzərində aşağıdan yuxarıya yuvarlanır. Başlanğıc məsafədən top* $l = 30$ *sm məsafədə iki dəfə olmuşdur:* $t_1 = 1$ *saniyədə və hərəkətə düşdükdən sonra* $t_2 = 2$ *saniyədə. Sürətin bərabərtəcilli olduğunu nəzərə almaqla, topun* v_0 *başlanğıc sürətini və* a *təcilini tapın.*

Həlli: $$l = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}, \qquad l = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2},$$

$$v_0 = \frac{a(t_2 + t_1)}{2},$$

$$l = \frac{at_1(t_2 + t_1)}{2} - \frac{at_1^2}{2} = \frac{at_1 t_2}{2}.$$

Buradan $$a = \frac{2l}{t_1 t_2} = 30 \text{ sm/s}^2.$$

$$v_0 = \frac{l(t_1 + t_2)}{t_1 t_2} = 45 \text{ sm/s.}$$

- ***Məsələ 20.*** *Cisim başlanğıc sürəti* v_0 *ilə şaquli yuxarı istiqamətdə atılmışdır. Cisim trayektoriyanın yüksək nöqtəsinə çatdıqda, digər bir cisim ilkin nöqtədən həmin*

v_0 başlanğıc sürəti ilə şaquli yuxarı istiqamətdə atılmışdır. Cisimlər hansı h hündürlüyündə görüşərlər?

Həlli: Bərabərtəcilli hərəkət üçün $S = \dfrac{v^2 - v_0^2}{2a}$

Cismin qalxa biləcəyi maksimal yüksəklik $h_{\max} = \dfrac{v_0^2}{2g}$

Birinci cisim üçün $h_1 = h_{\max} - \dfrac{gt^2}{2}$

Şərtə görə cisimlər görüşür və $h_1 = h_2 = h$,

t=V$_0$/g qalxma müddəti olacaq.

buradan $h = \dfrac{3}{8} \cdot \dfrac{v_0^2}{g} = \dfrac{3}{4} h_{\max}$

və $h = \dfrac{3v_0^2}{8g}$

- ***Məsələ 21.*** *Bir nöqtədən iki cisim eyni başlanğıc sürəti $v_0 = 19{,}6$ m/s və $\tau = 0{,}5$ san zaman fasiləsi ilə şaquli yuxarı istiqamətdə atılmışdır. İkinci cisim atıldıqdan sonra hansı t müddətində və h hündürlüyündə cisimlər görüşər?*

Həlli: $t = \dfrac{v_0}{g} - \dfrac{\tau}{2} = 1{,}75$ san,

$h = \dfrac{v_0^2}{2g} - \dfrac{g\tau^2}{8} = 19{,}3$ m.

- ***Məsələ 22.*** *h hündürlüyündə olan dik sahildən üfüqi istiqamətdə güllə atılmışdır. Güllənin başlanğıc sürəti v_0 -*

dır. Suya daxil olma zamanı güllənin sürətinin modulunu və istiqamətini təyin edin.

Həlli: Güllənin düşmə müddəti:

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Güllənin sürətinin üfüqi toplananı ağırlıq qüvvəsinin təcilinə perpendikulyar olduğu üçün bütün hərəkt boyu sabit qalacaq. $v_x = v_{0x} = v_0$, =const

Sürətin şaquli toplananı isə

$$v_y = v_{0y} + g_y t = -gt,$$

Son sürət

$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\sqrt{v_0^2+(gt)^2}=\sqrt{v_0^2+2gh},$$

Düşmə anında sürətin üfüqlə əmələ gətirdiyi bucağın tangensi:

$$tg\alpha=\frac{|v_y|}{v_x}=\frac{gt}{v_0}=\frac{\sqrt{2gh}}{v_0}.$$

- ***Məsələ 23.*** *Suyun şırnağını üfüqə hansı α bucaq altında istiqamətləndirmək lazımdır ki, onun maksimal qalxma hündürlüyü üfüqi yayılma məsafəsinə bərabər olsun?*

Həlli: Üfüqi atılmış cismin üfüqi istiqamətdə getdiyi yol belə tapılır.

$$L=\frac{2v_0^2\sin\alpha\cos\alpha}{g}$$

Maksimal qalxdığı yüksəklik sürətin Y proyeksiyasına görə təyin olunur.

$$H=\frac{v_{0y}^2}{2g}=\frac{v_0^2}{2g}\sin^2\alpha$$

Şərtə görə $H = L, \Rightarrow$ buradan $tg\alpha = 4,$

Və $\alpha = arctg\,4 = 76^0.$

- ***Məsələ 24.*** *Yerdə yerləşən şlanqdan su başlanğıc sürəti $v_0 = 10$ m/san ilə $\alpha = 45^0$ altında üfüqə çırpır. Şlanqın çapıq dəliyinin sahəsi $S = 5\,sm^2$. Havada yerləşən şırnağın m kütləsini təyin edin.*

Həlli: Üfüqlə bucaq altında atılmış cismin uçuş müddəti

$$t = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g},$$

borudan çıxan suyun kütləsi uyğun olaraq:

$$m = \rho S v_0 t = \rho S \frac{2v_0^2 \sin\alpha}{g} = \frac{2\rho v_0^2 S \sin\alpha}{g} = 7{,}2 \text{ kq}$$

- ***Məsələ 25.*** *Cismi hansı bucaq altında üfüqə nəzərən atmaq lazımdır ki, onun uçuş yolu maksimum olsun.*

Həlli: Üfüqlə bucaq altında atılmış cismin üfüqi uçuş məsafəsi

$$S = \frac{V_0^{\,2} \sin 2\alpha}{g}$$

Bu məsafənin atılma bucağından asılılığı öyrənilir. Hansı bucaq altında atdıqda uçuş yolunun maksimal olmasınıtapmaq üçün yolun ifadəsindən atılma bucağına görə bir tərtib törəmə alıb sıfra bərabər etmək lazımdır. $S' = 0$

və $$S' = \frac{V_0^2}{g}\cos 2\alpha = 0$$

Buradan $\cos 2\alpha = 0$

və
$$2\alpha = 90^0$$
$$\alpha = 45^0$$

- ***Məsələ 26***. *Uşaq oyuncaq tüfəngindən şaquli olaraq yuxarı tennis topu atılır. Top yuxarı kənar vəziyyətə çatdıqda ikinci top tüfəngdn həmin başlanğıc sürətlə atılır. Atılma hündürlüyü 4,9 m olarsa, toplar hansı hündürlükdə görüşəcək?*

Verilib:H=4,9m, g=9,8m/s^2,

Tapmalı: h=?

Həlli: Hesablama başlanğıcı olaraq trayektoriyanın ən yuxarı nöqtəsini qəbul edək. Fərz edək ki , OX oxu şaquli aşağı yönəlmişdir.

Birinci tenis topunun hərəkət tənliyi

$$x = \frac{gt^2}{2},$$

ikincininki isə

$$x = H - v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

kimi olar. Bu tənliklərdən zamanı tapaq

$$\frac{gt^2}{2} = H - v_0 t + \frac{gt^2}{2};$$

$$t = \frac{H}{v_0} = \frac{H}{\sqrt{2gH}};$$

Topların görüşmə yeri (yerdən olan yüksəklik) üçün alarıq:

$$h = H - x = H - \frac{gt^2}{2} = H - \frac{H}{4} = \frac{3H}{4}$$

$$h = \frac{3H}{4} = \frac{3 \cdot 4,9}{4} = \frac{14,7}{4} = 3,675m$$

- ***Məsələ 27.*** *Hündürlüyü h olan evin damından eyni vaxtda iki kürə biri v_1 sürətilə yuxarı, digəri v_2 sürətilə* *aşağı atılır. Kürələrin yerə düşmə müddətləri arasındakı fərq nə qədər olar?*

Tapmalı: $t_1 - t_2 = ?$

Həlli: Kürələrin hərəkət istiqamətlərini OX oxu istiqamətində qəbul edək. Kürələrin hərəkət tənlikləri belə olar:

$$x_1 = h + v_1 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}, x_2 = h - v_2 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

Burada t_1 – birinci , t_2 isə ikinci kürənin yerə düşmə müddətidir. Yerə düşmə halına

$x_1 = x_2 = 0$ uyğun gəlir:

Buradan

$$h + v_1 t_1 - \frac{gt_1}{2} = 0, h - v_2 t_2 - \frac{gt^2}{2} = 0$$

Bu kvadrat tənliklərdən t_1 və t_2 –ni təyin etsək, alarıq:

$$t_1 - t_2 = \frac{1}{g}\left(v_1 + v_2 + \sqrt{v_1^2 + 2gh} - \sqrt{v_2^2 + 2gh}\right)$$

- ***Məsələ 28.*** *Cisim 80 m yüksəklikdən 30m/s sürətlə yuxarı atılmışsa, nə qədər vaxtdan sonra yerə düşər .*

Verilib: h=80 m. V=30 m/s,

Tapmalı: t

Həlli: Müəyyən yüksəklikdən sürətlə yüxarı atılmış cisim üçün bərabər təcilli hərəkətin tənliyindəm istifadə edək: nəzərə alsaq ki, OY oxu yuxarı yönəlmişdir, alarıq.

$$x = x_0 \pm V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$y = y_0 + V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = 80 + 30t - \frac{10t^2}{2}$$

$$10t^2 - 60t - 160 = 0$$

$$t^2 - 6t - 16 = 0$$

$$t_1 = 8san$$

$$t_2 = -2san$$

Mənfi cavab cismin hərəkətə başlanmamışdan əvvəlki halına aiddir (Atılmamışdan 2 san. əvvəl cisim yerdə olmuş və $V=V_0$-gt dusturuna əsasən 50m/s sürətlə şaquli yuxarı atılmış deməkdir).

- ***Məsələ 29.*** *Lövhə mail müstəvi üzrə sürüşür. Müstəvi üzərində qeyd olunan yerdən lövhənin ilk 1/5–i t=2san keçirsə, son 1/5 nə qədər vaxtı keçək. Lövhənin hərəkətini bərabərtəcilli hesab edin.*

Həlli. Lövhənin uzunluğunu 5S götürək.onda ilk 5 də bir hissəsi

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

Beşdə dörd hissəsi isə $4S = \frac{at_1^2}{2}$ tam olaraq $5S = \frac{at_2^2}{2}$ yolunu gedecek.

Son beşdə biri $S = \frac{at_2^2}{2} - \frac{at_1^2}{2}$ buradan

$$nS - (n-1)S = \frac{at^2}{2}$$

$t_2 = \sqrt{\frac{2nS}{a}}$ və

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(n-1)S}{a}}$$

olduğunu nəzərə alsaq:

$$t_2 - t_1 = \Delta t = \sqrt{\frac{2S}{a}}(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) = t(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \sim 0{,}4 \text{ s}$$

alarıq.

- ***Məsələ 30.*** *Müəyyən yüksəklikdən sərbəst düşən cismin ilk t saniyədə getdiyi yol, son həmin müddətdə getdiyi yoldan n=5 dəfə kiçikdir. Cismin düşdüyü hündürlüyü tapın.*

Həlli. Cismin t müddətində getdiyi yol $h = \frac{gt^2}{2}$

Axrıncı həmin t müddətinə qədər getdiyi yol

$$H = \frac{g(\tau - t)^2}{2} + nh \text{ və } H = \frac{g\tau^2}{2}$$

onda $\frac{g\tau^2}{2} = \frac{g}{2}(\tau - t)^2 + n\frac{gt^2}{2}$

buradanda

$$\frac{\tau^2}{2}=\frac{(\tau-t)^2}{2}+\frac{t^2}{2}$$

$$H=\frac{g(\tau-t)^2}{2}nh=\frac{g}{2}(\tau-t)^2+n\frac{gt^2}{2}=\frac{g\tau^2}{2}$$

$$(\tau-t)^2+nt^2=\tau^2$$

$$\tau^2-2\tau t+t^2+nt^2=\tau^2$$

$$\tau=\frac{(n+1)t}{2}$$

$$H=\frac{g}{2}T^2=\frac{gt^2}{8}(n+1)^2$$

- ***Məsələ 31.*** *Taxtanın bir üzü hamar, digər üzü isə qeyrihamardır (dığırdır). Nahamar səthi üzrə mail müstəvi üzrə qoyduqda sürüşmə ərəfəsində olur. Mail müstəvi ilə cisim arasında sürtünmə əmsalı μ=0,2 – dir. Taxtanın hamar səthi üzrə qoysaq o, hansı təcillə sürüşər?*

Həlli: Cismin bərabərsürətli düşməsi üçün tgα=μ olmalıdır.
Sürtünməsiz düşdükdə aldığı təcil a=gsinα
Buradan sinα=tgα·cosα=$tg^2α=μ^2$ və

$Htg^2α=μ^2+1$ eləcədə $\frac{1}{\cos\alpha}=1+\mu^2$

Buradan $\cos^2\alpha = \dfrac{1}{1+\mu^2}$ və

$$\sin^2\alpha = 1-\cos^2\alpha = \frac{1+\mu^2-1}{1+\mu^2} = \frac{\mu^2}{1+\mu^2}$$

$\sin\alpha = \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$: nəhayət $a = \dfrac{\mu g}{\sqrt{1+\mu^2}}$.

Evklid (e.ə. III əsr) qədim yunan alimidir. "Başlanğıc", "Optika", "Katoptrika" traktatları məlumdur. Işığın düzxətli yayılması və qayıtması qanunlarını vermişdir. Həndəsi optikanın əsasını qoymuşdur.

Aristotel (e.ə. 384-322) qədim yunan alimidir. Əsərləri həmin dövrün bütün elmlərinə aiddir. "Fizika","Yaranma və məhvolma haqqında","Səma haqqında", "Mexanika" və s. traktatları vardır.

Ptolomey Klavdi (e.ə. III əsr) qədim yunan filosofudur. Əsərləri həndəsi optikaya və astronomiyaya aiddir. Işığın sınmasını tədqiq etmişdir.

Arximed (E.ə. 287 Siciliya, Yunanıstan – E.ə. 212, Sirakuza) — riyaziyyatçı ailəsində anadan olmuşdur. Onun atası Fidia riyaziyyatçı və astronom olub, oğluna yaxşı təhsil vermişdir. İsgəndəriyyədə olduğu vaxtda o riyaziyyatçı və astronom Eratosfenlə görüşür və ondan dərs alır. Arximed Demokritin, Evdokisin, Evklidin və başqa məşhur alimlərin işləri ilə yaxından tanış olur. Arximed vinti, nizələri, oxları və mərmiləri uzaq məsafələrə atmaq üçün işlədilən katapultlar, gəmiləri batırmaq üçün kranlar və s. işləri olmuşdur. Onun tərəfindən müxtəlif həndəsi fiqur və cisimlərin səthinin sahəsi və həcminin təyin edilməsinin yeni metodları işlənib hazırlanmış, çevrənin uzunluğunun hesablanması düsturu təklif edilmiş, hidrostatika və nəzəri mexanikanın təməli qoyulmuş, planetari, suqaldırıcı maşın, atıcı döyüş topları və s. düzəldilmişdir. Təəssüf olsun ki, bu maşınlar və başqa ixtiraları haqqında Arximed heç bir əlyazma qoymamışdır.

Məhəmməd əl-Fəzari (Küfə --796) Riyaziyyatçı və astranom alim hind dilindən astronomiya və riyaziyyatla bağlı bir çox əsərləri ərəb dilinə tərcümə etmiş, astronomiya elminin aşiqlərindən biri hesab edilirdi. Onun ulduzlara həsr etdiyi qəsidəsinin olduğu deyilir. İslam dünyasında ilk qlobusu düzəldən şəxdir. Hind elmi ilə bağlı bütün məlumatları bir yerə cəm etmiş və çox qiymətli məlumatlar da əlavə etmişdir.

Müstəqil həll üçün məsələlər.

1.1. Maddi nöqtənin koordinatlarının zamandan asılı olaraq dəyişmə qanunları verilmişdir: x=4t, y=3t, z=0. Başlanğıc haldan hesablanan yolun zamandan asılılığını təyin edin. 5 san müddətində cisim nə qədər yol gedər?
1.2. Qayıq sahilə perpendikulyar olmaqla 7,2 km/saat sürətlə hərəkət edir. Axın onu sahil boyu çay aşağı 150 m aparır. Çayın eni 500 m olarsa, 1) çayın axın sürətini, 2) qayığın çayı keçmə müdddətini tapın.
1.3. Cisim başlanğıc sürətsiz 20 m yüksəklikdən sərbəst buraxılır. 1) 0,1 san müddətində cismin getdiyi yolu tapın 2) hərəkətin son 0,1 san-sində cismin yolunu hesablayın. Havanın müqavimətini nəzərə almamalı.
1.4. Yer səthindən şaquli yuxarı atılan cisim 3 san-dən sonra yerə düşmüşdür. 1) cismin başlanğıc sürətini hesablayın. 2) cisim hərəkət müddətində hansı maksimal yüksəkliyə qalxmışdır. Havanın müqavimətini nəzərə almamalı.
1.5. Daş şaquli yuxarı aıtlır. Hər hansı 1 saniyə müddətində cisim müəyyən məsafə qət edir. Sonrakı həmin məsafəni cisim 4 san qət edir. Daşın qalxa biləcəyi maksimal yüksəkliyi tapın. Hər iki zaman anında cisim yuxarı hərəkət etdiyini qəbul etməli.
1.6. Yağış damcısı yerə düşən anda malik olduğu sürət 15 m/san dir. Damcılardan biri dərinliyi 10 m olan quyuya düşür. Səsin sürətinin 340 m/san olduğunu qəbul edərək, quyunun yanında durmuş adamın damcının quyudakı su səthinə toxunduğu səsi eşitmək üçün gözləməli olduğu zamanı tapmalı.
1.7. Cismin hərəkəti zamanı getdiyi yolun zamandan asılılığı aşağıdakı tənliklə verilmişdir. $s=At-Bt^2+Ct^3$, haradakı A=2 m/s, B=3 m/s^2, C=4 m/s^3. ə1) sürət və təcilin zaman asılılığını: 2) hərəkətə başladıqdan 2 saniyə sonra cismin yolunu, sürətini və təcilini tapın. zamanın $0 \le t \le 3$s müddətində 0,5 saniyə interval olmaqla yolun, sürətin və təcilin zaman asılılığını qurun.
1.8. cismin yolu zamandan $s=A+Bt+Ct^2$ kimi asılıdır. haradakı A=3м, B=2 м/s, C= 1 м/s^2. Hərəkətin birinci, ikinci və üçüncü saniyələri üçün orta sürət və orta təcili təyin edin.

1.9. Aşağıdakı tənliklərlə verilmiş cismin trayektoriyasını təyin edin: $x=4t^2 + 2$; $y=6t^2 - 3$; $z=0$. Nöqtənin getdiyi yolun zamandan asılılığını qurun.

1.10. Maddi nöqtənin hərəkəti aşağıdakı tənliklərlə verilmişdir: $x=8t^2+4$; $y=6t^2-3$; $z=0$. $t=10$ san anında maddi nöqtənin sürət və təcilinin modulunu tapın.

1.11. Hərəkət tənlikləri $x=2t^2+3t+4$; $y=3t^2+4t-2$; $z=0$ kimi verilən cisim hərəkətə başladıqdan $t=10$ san müddətində nə qədər yol gedər?

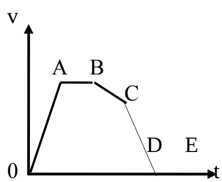
1.12*. Hərəkətdə təcil sürətin kvadratı ilə mütənasib olub, hərəkətin əksinə yönəldiyini bilərək, yolun zaman asılılığı təyin edin.

1.13. OX oxu boyu hərəkət edən madddi nöqtənin sürəti $v_x=0,2-0,1t$ kimidir. Başlanğıc anda maddi nöqtə X_0 =1m koordinatda olmuşdursa, $t=10$ san anında cismin koordinatını təyin edin.

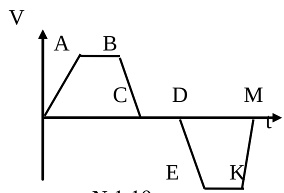
1.14. Çayın axın sürəti onun eni boyu $v=-4x^2+4x+0,5$ qanunu kimi dəyişir. Haradakı $x=a/b$ (*a- sahildən məsafə, b-çayın enidir.*). Qarşıdakı sahilə perpendikulyar olaraq 2 m/s sürətlə hərəkət edən qayıq axın boyu yerini nə qədər dəyişər? Çayın eni 420m dir.

1.15. Təyyarə havaya nəzərən 800 km/saat sürtətlə hərəkət edir. Külək şərqdən 15 m/s sürətlə əsir. Təyyarə yerə nəzərən cənuba hansı sürətlə hərəkət edəcək və onun hərəkəti meridiana nəzərən hansı bucaq əmələ gətirər?

1.16. 45 km/saat sürətlə hərəkət dən avtomobilin ön şüşəsinə düşən yağış damcısının əmələgətirdiyi bucaq şaqula 30^o təşkil edir. Damcının düşmə sürətini tapın.



N .1.18



N.1.19.

1.17. 40 km/saat sürətlə hərəkət edən qatarda olan sərnişin qarşıdan gələn 75 m uzunluqlu qatarı 3 san müddətində görür. Qarşıdan gələn qatarın sürətini tapın.

1.18. Cismin sürət zaman qrafiki verilmişdir. (N 1.18). Bu qrafikə əsasən yol zaman asılılığını qurun.
1.19. Cismin sürət zaman asılılığı verilmişdir (N 1.19.) Uyğun olan yol zaman asılılığını qurun. OABC trapesiyasının sahəsi DEKM trapesiyasının sahəsinə bərabərdir.
1.20. Cisim ilk saniyədə 1 m, sonrakı saniyədə 2m, 3-cü saniyədə 3 m, 4-cü saniyədə 4 m yol gedirsə, hərəkəti bərabərtəcilli hesab etmək olarmı? Cavabı araşdırın.
1.21. Doqquz mərtəbəli evin damından ağır cisim düşür. Bərabər zaman fasilələrində cisim hansı mərtəbələri keçəcəkdir? Havanın müqavimətini nəzərə almayın.
1.22. Yer səthindən şaquli yuxarı atılan cismin sürəti nə qədər olmalıdırki, uçuş müddətində getdiyi yol 250 m olsun?
1.23. Müəyyən yüksəklikdən sərbəst buraxılan cisim axrıncı 2 saniyədə 100 m yol qət edir. Cismin buraxıldığı yüksəkliyi və düşmə müddətini tapmalı.
1.24. Sərbəst buraxılan cisim axırıncı saniyədə bütün yolun 7/16 hisəsini qət edir. Cismin sərbəst buraxıldığı yüksəkliyi və düşmə müddətini tapın.
1.25. Qayığın yolun birinci yarısında malik olduğu sürət, yolun ikinci yarısında malik olduğu sürətdən 2 dəfə çoxdur. Yola görə orta sürətin 40 m/san olduğunu bilərək, hər iki hissədə qayığın sürətlərini tapın.
1.26. Cisim yola sərf olan vaxtın yarısını verilmiş hərəkət istiqamətinə $\alpha_1=30^0$ olmaqla V_1-30 m/s sürətlə, ikinci yarısını həmin istiqamətə $\alpha_2=120^0$ olmaqla $V_2=40$ m/san sürətlə qət edir. Orta sürəti tapmalı. Cisim 4 san müddətində nə qədər yol gedər?
1.27. Maddi nöqtə a təcili ilə bərabər yeyinləşən hərəkət edir. Iki ardıcıl t müddətində gedilən yolların fərqini tapın.
1.28. Müəyyən yüksəklikdən $\tau=1$ san zaman fərqi ilə iki cisim sərbəst buraxılır. $t_1=4$ san sonra cisimlər arasındakı məsafəni təyin edin.
1.29. Cisim müəyyən yüksəklikdən sərbəst düşür. Axrıncı h=196 m yolu $\tau=4$ san qət edir. Cismin düşmə vaxtını və yüksəkliyini tapın.

1.30. Cisim yer səthindən şaquli yuxarı atılır. Müşahidəçı cismin τ zaman intervalı ilə eyni h yüksəklikdə olduğunu görür. Cismin başlanğıc sürətini və düşmə vaxtını təyin edin.
1.31. Maddi nöqtənin hərəkəti $\vec{r} = 2t\vec{\imath} - (t^2 - 1)\vec{\jmath}$ kimi verilmişdir. Maddi nöqtənin trayektoriysını, sürət və təcilini təyin edin.
1.32. Maddi nöqtə radiusu R=2 m olan cevrə üzrə $\varphi = 2 + 2t - t^2$ qanunu ilə hərəkət edir. Nöqtənin dayanana kimi getdiyi yolu tapın. t_1=0,5 saniyə anı üçün nöqtənin təcilini təyin edin.
1.33. Cisim $H = 45$ m hündürlüyündən sərbəst düşməyə başlayır. Bu anda, $h = 24$ m hündürlüyündə yerləşən nöqtədən ikinci cismi şaquli yuxarı istiqamətdə atırlar. Hər iki cisim eyni zamanda yerə düşürlər. İkinci cismin v_0 başlanğıc sürətini təyin edin (g=10 m/s^2).
1.34. Lövhə mail müstəvi üzrə sürüşür. Müstəvi üzərində qeyd olunan yerdən lövhənin ilk 1/5-i t=2 saniyə keçirsə, onda son 1/5 nə qədər vaxtı keçər? Lövhənin hərəkətini bərabərtəcili hesab edin.
1.35. Mail müstəvi üzrə aşağıdan yuxarı kürə atılır. Atıldığı nöqtədən 10 m məsafədə kürə ikidəfə: zamanın 2-ci və 5-ci saniyələrində olur. Kürənin başlanğıc sürətini hesablayın.

❖ *2. Əyrixətli hərəkət.*

Əyri xətli hərəkət – trayektoriyası əyri xətt olan hərəkətdir.

- ***Məsələ həllinə nümunələr*.**

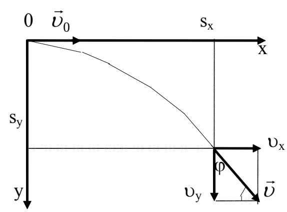
➢ ***Məsələ 1***. *Hündürlüyü 25 m olan qüllədən 15 m/san sürətlə üfüqi olaraq daş atılır. 1) daş hansı müddətdə hərəkətdə olacaq, 2) qüllədən hansı məsafədə yerə düşəcəkdir, 3) yerə hansı sürtlə düşəcək, 4) yerə düşən anda daşın trayektoriyası üfüql hansı bucaq əmələ gətirəcəkdir. Havanın müqavimətini nəzərə almamalı.*

Verilib: $H=25$ *м,* $v_o=15$ *м/с*   *Tapmalı:* t-? s_x- ? υ - ? φ- ?

Həlli. Daşın yerdəyişməsini uyğun olaraq X və Y oxları üzrə proyeksiyalarda yazmaq olar: üfüqi s_x və şaquli s_y:
$s_y=H=gt^2/2$, $s_x=\upsilon_o t$,
Burada t – hərəkət müddətidir.

Buradan: 1) $t=\sqrt{\dfrac{2s_y}{g}}=2{,}26$ s;

2) $s_x=\upsilon_o t=33{,}9$ m;
3) $\upsilon_y=gt=22{,}1$ m/san;
4) $\sin\varphi=\upsilon_y/\upsilon=0{,}827$; $\varphi=55^o48'$.



➢ ***Məsələ 2.*** *Topu üfüqə* 40^0 *olmaqla10 m/san sürətlə atılır. 1)topun qalxa biləcəyi maksimal yüksəkliyi tapın 2) atıldığı nöqtədən hansı üfüqi məsafədə top yerə düşəcəkdir 3) topun hərəkət müddətini təyin edin*

Verilib: $\upsilon_o=10$ *м/с,* $\alpha=40^o$.
Tapmalı: s_y - ? s_x - ? t - ?

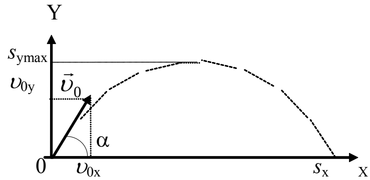
Həlli. 1) v_o başlanğıc sürətlə üfüqə α bucağı altında atılmış topun maksimal qalxa biləcəyi yüksəkliyi tapaq. Şəklə əsasən yaza bilərik:

$$\upsilon_y=\upsilon_o \sin\alpha - gt; \qquad (1)$$
$$s_y=\upsilon_o t\ \sin\alpha - gt^2/2. \qquad (2)$$

Maksimal yüksəklikdə $\upsilon_y=0$ və (1) tənliyindən alarıq $\upsilon_o\, sin\ \alpha = gt_1$, buradan topun qalxma müddəti $t_1=\upsilon_o \sin\alpha /g$. t_1 – qalxma müddətini (2) də yerinə yazsaq, alarıq

$s_{y\,max}= \upsilon_o^2 \sin^2\alpha\ /(2\ g)= 2,1$ m.

2) Üfüqə bucaq altında atılmış cismin uçuş yolunu $s_{x\ max}$ -i tapaq.



Bilirik ki: $\upsilon_x=\upsilon_o\ \cos\alpha$, (3)

$s_x=\upsilon_x t=\upsilon_o t\ \ \cos\alpha.$ (4)

top üfüqi müstəviyə $t_2=2t_1=2\upsilon_o \sin\alpha/g$ müddətindən sonra düşəcəkdir..

t_2 –ni (4) də yerinə yazsaq, alarıq $s_{x\,max} = \upsilon_o^2 \sin 2\alpha/g=10,0$ m.

3) $t_2=2t_1=2\upsilon_o \sin\alpha/g=1.3$ san.

➢ ***Məsələ 3.*** *Meyl 30^0 olan dağın ətəyində yerləşdirilmiş topdan üfüqə nəzərən 60^0 bucaq altında dağın başına doğru $v_0=500$ m/s başlanğıc sürətlə mərmi atılır.Mərmi topdan nə qədər məsafədə yerə düşəcəkdir.*

Həlli: Topdan atılan mərminin dağın səthinə nəzərən $\alpha=30^0$ bucaq altında atıldığı aydındır. Ağırlıq qüvvəsi təcilinin dag səthinə nəzərən proyeksiyaları uyğun olaraq:

$$g_y=-g\cos\alpha \qquad g_x=-g\sin\alpha$$

Mərminin başlanğıc sürətinin $v_0=500$ m/s, dağ səthinə nəzərən proyeksiyaları:

$$v_x=v_0\cos\alpha \qquad v=v_0\sin\alpha\ ,$$

dağ səthi üzrə yuxarı yönəlmiş OX, dağ səthinə perpendikulyar olan OY oxları üzrə koordinatları yazaq:

$$\begin{cases} x=x_0+v_{0x}t+\dfrac{\vec{g}_x t^2}{2} \\ x=v_0\cos\alpha\, t-\dfrac{g\sin\alpha t^2}{2} \end{cases}$$ proyeksiyaları nəzərə alsaq

$$\begin{cases} y=y_0+v_{0y}+\dfrac{\vec{g}_y t^2}{2} \\ y=v_0\sin\alpha\, t-\dfrac{g\cos\alpha t^2}{2} \end{cases}$$

Mərminin dağ səthinə düşməsi: y=0 buradan

$$t=\frac{2v_0\sin\alpha}{g\cos\alpha}$$

Nəticədə mərminin dağ səthi boyu getdiyi məsafə

$$S=v_0\cos\alpha\,\frac{2v_0\sin\alpha}{g\cos\alpha}-g\sin\alpha\,\frac{4v^2{}_0\ \sin^2\alpha}{2g^2\cos\alpha^2}=$$

$$\frac{2v_0{}^2\sin\alpha}{g}\left(1-\frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha}\right)=\frac{2v_0{}^2\sin\alpha}{g}\left(1-tg^2\alpha\right)=$$

$$=\frac{2\cdot 250000\cdot\frac{1}{2}}{10}\cdot\left(1-\frac{1}{3}\right)=25000\cdot\frac{2}{3}=16{,}6km \text{ olar.}$$

Cabir bin Hayyan (721-805) Qərb elm dünyasında "Geber" adlandırılan və ən çox tanınan müsəlman alimlərindən biri, hər kəs tərəfindən "kimyanın atası, banisi" kimi qəbul edilir. Belə ki, kimya kəlməsinin ingiliscə qarşılığı olan "alchemy" sözü də Cabir bin Hayyanın çalışmalarının nəticəsi kimi ərəbcə "əl-kimya" sözündən əmələ gəlmişdir. Cabir ibn Hayyanın bir alim kimi formalaşmasında müəllimi Cəfər əs Sadiqin (ə) çox böyük rolu olmuşdur.

Hayyan atom bombasının düzəldilməsindən 1000 il əvvəl atomun parçalana biləcəyini və nəticədə, böyük bir gücün əmələ gələcəyini ilk dəfə söyləyən elm adamıdır. Bu barədə Hayyanın sözləri belədir: *"Maddənin ən kiçik hissəsi olan "cüz-əl-yətəcəzza"da (atom) çox enerji var. Yunan alimlərinin iddia etdiyi kimi, bunun parçalana bilmədiyini demək olmaz. O da parçalana bilər. Parçalandıqda da elə bir güc (enerji) meydana gələr ki, Bağdadın altını üstünə çevirə bilər. Bu, Allahu Təalanın qüdrət nişanıdır."*

Dünyada ilk kimya laboratoriyasını quran alim kimi tarixə düşmüşdür. Vacib kimyəvi maddələrin sintezini açıqlamış, bir çox kimyəvi maddələri müəyyən edərək, dövrümüzdə istifadə edilən ərəbcə adlarını vermişdir. Kimya elmində istifadə edilən həssas ölçmə alətləri düzəldərək kristallaşma, distillə, kalsinasiya, sublimasiya kimi kimyəvi üsulları kimya elminə gətirmişdir. Sulfat turşusu və nitrat turşusu kimi bir çox turşularla yanaşı, natrium karbonat və kaliumu da tapmışdır. Alovda yanmayan kağız emalını həyata keçirərək müxtəlif metalların istifadəyə yararlı hala salınması, poladın təkmilləşdirilməsi, su keçirməyən parçaların laklanması, paslanmanın qarşısının alınması üçün qızıl suyuna çəkilmə, boyaların və yağların alınması kimi sahələrdə bir çox kəşflər etmişdir. Cabir bin Hayyan tibb, astronomiya, məntiq, fəlsəfə, fizika, mexanika kimi elm sahələrində də fəaliyyət göstərərək, bunlarla bağlı əsərlər yazmışdır. Cabir bin Hayyanın başda kimya olmaqla, tibb, fizika, astronomiya və fəlsəfə kimi elm sahələrində təxminən 200-500 əsər qələmə aldığı məlumdur. Ancaq bu əsərlərin bir çoxu sonradan itmişdir, sadəcə 27-si latın və alman dillərində Nürnberq, Frankfurt və Strasburqda 1473-1710-cu illər arasında çap edilmişdir.

- ***Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.***

2.1. Üfüqi atılmış daş 0,5 s dən sonra, 5 m üfüqi yol gedərək yerə düşdü. 1) Daş hansı yüksəklikdən atılmışdı? 2) Daşın başlanğıc sürətini hesablayın. 3)Daş hansı sürətlə yerə düşmüşdür? 4) Yerə düşdüyü anda daşın sürəti üfüqlə hansı bucaq əmələ gətirir. Havanın müqavimətini nəzərə almamalı.
2.2. Cisim müəyyən yüksəklikdən üfüqi istiqamətdə atılmışdır. Atıldıqdan 0,5 s sonra cisim sürətinin qiyməti başlanğıc sürətdən 1,5 dəfə böyük alındı. Cismin başlanğıc sürətini tapmalı. Havanın müqavimətini nəzərə almamalı.
2.3. Üfüqi atılmış top, atılma nöqtəsindən 5 m məsafədə yerləşən divarla toqquşur. Divara zərbə nöqtəsi topun atılma yüksəkliyindən 1 m aşağıdır. 1) top hansı sürətlə atılmışdır? 2) top divara hansı bucaq altında dəyir? Havanın muqavimətini nəzərə almamalı.
2.4. Bombardmançı təyyarə 540 km/saat sürətlə üfüqlə 60^o altında uçaraq 600 m yüksəklikdə bombanı buraxır. Hansı məsafədə mərmini buraxmaq lazımdırki, o hədəfə dəysin?
2.5. Cisim üfüqlə bucaq altında v_o sürəti ilə atılır. Uçuşmüddəti 2,2 san dir. Bu cismin qalxa biləcəyi maksimal yüksəkliyi tapın. Havanın müqavimətini nəzərə almayın.
2.6. Daş yer səthindən 12 m/s sürətlə üfüqə 45^o bucaq altında atılaraq atılma nöqtəsindən üfüqi S məsafədə yerə düşür. Daşı hansı yüksəklikdən həmin sürətlə atmaq lazımdırki, həmin nöqtəyə düşsün?
2.7. Cisim müəyyən yüksəklikdən üfüqi olaraq 15 m/s sürətlə atılır. Atlma anından 1 san sonra cismin tangensial və normal təcilini tapın. Havanın müqavimətini nəzərə almayın.
2.8. Daş müəyyən yüksəklikdən üfüqi olaraq 10m/s sürətlə atılır. 3 saniyə sonra trayektoriyanın əyrilik radiusunu tapmalı. Havanın müqavimətini nəzərə almayın.
2.9. Cisim 14,7 m/s sürətlə üfüqə 30^o bucaq altında atılır. 1,25 saniyə sonra cismin tangensial və normal təcilini tapın.

2.10. Cisim 10 m/s sürətlə üfüqə 45^o bucaq altında atılır. 1 saniyə dən sonra trayektoriyanın əyrilik radiusunu tapmalı. Havanın müqavimətini nəzərə almayın.

2.11. Daşı hündürlüyü 25 m olan qüllədən 15 m/s sürətlə üfüqə 30^o bucaq alltında atırlar. 1) daşın uçuş müddətini 2) daşın üfüqi uçuş yolunu 3) yerə düşərkən malik olduğu sürəti 4)daşın yerə düşmə anında trayektoriyanın üfüqlı əmələ gətirdiyi bucağı tapmalı. Havanın müqavimətini nəzərə almayın.

2.12. Daş 2,1m yüksəklikdən üfüqə 45^o bucaq altında atılaraq üfüqi 42 m yol qət edir. Daşın başlanğıc sürətini, uçuş müddətini, yer səthindən maksimal qalxma yüksəkliyini tapmalı. Trayekroriyanın ən yüksək nöqtəsində və daşın yerə düşdüyü anda trayekroriyanın əyrilik radiusunu tapmalı.

2.13. Meyl bucağı 36^o, olan mail müstəvinin yuxarı nöqtəsindən üfüqə 30^o bucaq altında 5m/s sürətlə cisim atılır. Cisim atılma nöqtəsindən hansı məsafədə düşəcəkdir?

2.14. Kürəni üfüqlı 30^o bucaq altında 14 m/s sürətlə atdılar. Atılma nöqtəsindən 11 m məsafə yerləşmiş şaquli divarla kürə elastiki toqquşur. Kürə divardan hansı məsafədə yerə düşəcəkdir?

2.15. Su sırnağını hansı bucaq altında tutmaq lazımdırki, üfüqi uçuş məsafəsi maksimal qalxma yüksəkliyinə bərabər olsun?

2.16. Eyni nöqtədən iki cisim eyni başlanğıc sürətlə üfüqə müxtəlif bucaq altında atılır. Atılma anından t=2 san sonra cisimlər arasındakı məsafəni tapmalı. v_o=10 m/s, α_1=30^o və α_2=60^o.

2.17. Üfüqə α=60^o bucaq altında 20 m/s sürətlə atılmışcismin sürəti nəqədər vaxtdan sonra üfüqlə β = 30^o bucaq əmələ gətirər? Havanın müqavimətini nəzərə almayın.

2.18. Üfüqi uçan təyyarədən atılmış paraşütçü hətta külək olmadığı halda belə təyyarəni tərk etdiyi atılma nöqtəsindən yerini dəyişir. Niyə?

2.19. S=50 m məsafədə yerləşdirilmiş hədəfə silahın eyni yönəltməsində iki atəş açılır. V_1=320 m/s və V_2=350 m/s sürətlə atılan atəşlərin hədəfdə aşdıqları deşiklər arasındakı məsafəni təyin edin.

2.20. Cismin üfüqlə bucaq altında atdılar. Dekart koordinat sistemində hərəkət tənliyini yazmalı.

2.21. Cismi üfüqlə $\alpha = 60^0$ bucağı altında, V_0=10 m/s sürətlə atdılar. Hansı anlarda sürət vektoru üfüqlə $\beta = 45^0$ bucaq əmələ gətirər?

2.22. Bərabəryavaşıyan hərəkət edən cisim ilk 2 saniyədə 36 m, sonrakı 2 saniyədə 28 metr yol qət edir. Cismin təcilini və başlanğıc sürətini təyin edin.

2.23. Yer səthindən şaquli yuxarı atılan 6 san. fərqlə 35 m yüksəklikdə iki dəfə olur. Uçuş müddəti ərzində cismin getdiyi yolu tapın.

2.24. Cisim meyl bucağı α olan mail müstəvidə bərabərsürətlə sürüşür. Meyl bucağı β, hündürlüyü h olan mail müstəvidən düşmə müddətini təyin edin. Sürtünmə hər iki halda eynidir.

2.25. Üfüqə bucaq altında atılmış cismin radius vektoru $\vec{r} = (5+3t)\vec{i} + (5+2t-4{,}9t^2)\vec{j}$ kimi verilmişdir. OX oxu yer səthi ilə paralel, OY oxu şaquli yuxarı yönəldilmişdirş Cismin başlanğıc sürətini və üfüqlə hansı bucaq altında atıldığını təyin edin.

3. Fırlanma hərəkəti.

Fırlanma hərəkətinin kinematik tənliyi $\varphi = f(t)$,
burada φ - bucaq yerdəyişməsidir (dönmə bucağı).
Ani bucaq sürəti $\omega = d\varphi/dt$.
Bucaq təcili $\varepsilon = d\omega/dt$.
Bucaq sürəti və bucaq təcili aksial vektorlardır, onların istiqaməti fırlanma oxu ilə üst üstə düşür.
Müntəzəm fırlanma hərəkətinin kinematik tənliyi (bərabərsürətli fırlanma hərəkəti – sürətin modulu sabit qalır)

$$\varphi = \varphi_o + \omega t,$$

Burada φ_o- başlanğıc dönmə bucağıdır. Müntəzəm fırlanma zamanı (bərabərsürətli fırlama hərəkəti)

$$\omega = \text{const} \quad \text{və} \quad \varepsilon = 0,$$

Dövretmə (fırlanma) tezliyi $n = N/t$, или $n = 1/T$,
burada N - t müddətində dövrlərin sayıdır;
T – dövretmə (fırlanma) periodudur (bir tam dövrə sərfolan zaman müddəti).
Bərabər dəyişən fırlanma hərəkətinin kinematik tənliyi (ε=const)
$\varphi = \varphi_o + \omega_o t + \varepsilon t^2/2$, burada
ω_o – başlanğıc bucaq sürətidir.
Bərabərdəyişən fırlanma hərəkətində bucaq sürəti
$\omega = \omega_o + \varepsilon t$.
Maddi nöqtənin fırlanma hərəkətini xarakterizə edən xətti və bucaq kəmiyyətləri arasında əlaqə aşağıdakı durturlarla verilir:
Nöqtənin getdiyi R radiuslu çevrə üzrə hərəkəti zamanı maddi nöqtənin qət etdiyi qövsün uzunluğu:
$s = \varphi R$ (φ - cismin dönmə bucağı).
Maddi nöqtənin xətti sürəti $\upsilon = \omega R$; $\omega = 2\pi n = 2\pi/T$
Maddi nöqtənin tangensial təcili $a_\tau = \varepsilon R$;
normal təcili - $a_n = \omega^2 R$.

$$a_n = \upsilon^2/R = 4\pi^2 n^2 R = 4\pi^2 R/T^2.$$

Məsələ həllinə nümunələr.

- ***Məsələ 1**. Radiusu 0,2 m olan çüvrə üzrə OX oxu ilə əmələ gətirdiyi dönmə bucağının $\varphi=3-t+0.2t^3$. kimi rəyişdiyini bilərək 10 san üçün tangensial,normal və tam təcili təyin edin.*

Verilib: $\varphi=3-t+0.2t^3$, $t=10$ *c*, $R=0.2$ *м*

Tapmalı: $a_\tau=?, a_n=?, a=?$

Həlli: $\omega=\dfrac{d\varphi}{dt}$ və $\varepsilon=\dfrac{d\omega}{dt}$ dusturları ilə bucaq sürətini və bucaq təcilini tapmaq mümkündür: $\omega=-1+0{,}2\cdot 3t^2$, $\varepsilon=0.6\cdot 2t$. tangensial təcil ilə bucaq təcili arasında əlaqə dusturundan istifadə etsək, alarıq:

$a_\tau=R\cdot\varepsilon=R\cdot(0.6\cdot 2t)=1.2Rt=1.2\cdot 0.2\cdot 10=24$ m/s^2.

Normal təcili

$$a_n=\frac{v^2}{R}$$ ifadəsi ilə təyin edək.

Burada $v=R\cdot\omega=R\cdot(-1+0.2\cdot 3t^2)=R\cdot(0.6t^2-1)$.

Qiymətləri yerin yazsaq:

$v=0.2\cdot(0.6\cdot 10^2-1)=11.8$ m/s; $a_n=696$ m/s^2.

Tam təcili tapaq: Pifaqor teoreminə görə tam təcili tapa bilərik: $a=697$ m/s^2

.

- ***Məsələ 2.** Bərabərtəcillə fırlanan təkər fırlanmağa basladıqdan 10 tam dövr etdikdən sonra 20 rad/san bucaq sürətinə malik olur. Təkərin bucaq təcilini tapmalı.*

Verilib: $\omega=20$ *rad/s, N=10 dövr*

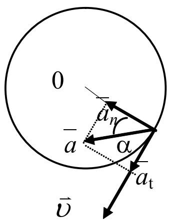
Tapmalı: ε*-?*

Həlli. Müntəzəm fırlanma hərəkəti zamanı aşağıdakı tənlikləri yaza bilərik: $\varphi=\varphi_o+\omega_o t+\varepsilon t^2/2$ и $\omega=\omega_o+\varepsilon t$. Şərtə görə $\omega_o=0$, bu halda verilən tənliklər : $\varphi=\varepsilon t^2/2$ и $\omega=\varepsilon t$. Tənlikləri həll etsk və nəzərə alsaqki, $\varphi=2\pi N$, alarıq: $\varepsilon=\omega^2/4\pi N=3{,}2$ rad/san.

- ***Məsələ 3.*** *Radiusu 10 sm olan təkər sabit 3,14 rad/san^2. Bucaq təcili ilə fırlanır. 1) bucaq sürətini, 2) xətti sürəti, 3) tangensial təcili, 4) normal təcili, 5) tam təcili və 6) tam təcilim təkərin radiusu ilə əmələ gətirdiyi bucağı tapın.*

Verilib: R= 0,1 m, ε=3,14 rad/s^2 Tapmalı: ω - ? υ - ? a_τ - ? a - ?

Həlli. 1) müntəzəm fırlanma hərəkətində bucaq sürəti $\omega = \omega_o + \varepsilon t$. Şərtə görə ω_o=0, onda $\omega = \varepsilon t$, buradan görünürki ω zamandan düz mütənasib olaraq artır. İlk saniyənin sonunda ω=3,14 rad/s.



2) υ=ωR, olduğundan xətti sürətzamandan düz mütənasib olacaqdır. Birinci saniyənin sonunda υ = 3,14 m/s.

3) Tangensial təcil a_t=εR zamandan asılı deyil. Hesablasaq: a_t=0,314m/s^2.

4) Normal təcil $a_n=\omega^2R=\varepsilon^2t^2R$, normal təcil zamanın kvadratı ilə mütənasib olaraq artır: t=1 san olduqda a_n=0,986 m/s^2.

5) Tam təcil tangensial və normal təcillərin kvadratları ilə təyin olunur: $a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}=a_t\sqrt{1+\varepsilon^2t^4}$. t=1 san olduqda a=1,03 m/s^2.

6) Təcillər üçbucağından $\sin\alpha=\frac{a_t}{a}=\frac{1}{\sqrt{1+\varepsilon^2t^4}}$, burada α - tam təcilin təkərin radiusu ilə əmələ gətirdiyi bucaqdır. Başlanğıc halda t=0, a =a_t –tam təcil toxunan istiqamətdə yönəlir. t=∞ olduqda isə a = a_n (beləki a_t=const və a_n zamandan düz mütənasib asılıdır), və t=∞ olduqda tam təcil normal istiqamətdə yönəlir. Birinci saniyənin sonunda sinα=a_t/a_n=0,314/1,03=0,305, və α=17°46'.

Əl-Xarəzmi (780-850) Dövrünün ən böyük alimlərindən biri olan Əbu Abdullah Muhamməd bin Musa əl-Xarəzmi Qərb elm dünyasında dərin izlər qoymuş riyaziyyatçı, astronom və coğrafişünasdır. Xarəzmi ömrünün böyük bir hissəsini Bağdaddakı «Beytül-Hikmədə» keçirmişdir. Cəbr və alqoritm elminin banisi və bu elmlərə ad verən İslam alimi olmuşdur. Xarəzminin adı Avropada latınca «Alkhorismi» kimi tələffüz edildiyi üçün, tapdığı metoda "alqoritm" adı verilmişdir. Xarəzmi cəbr sahəsində ilk əsəri olan "Kitabül Müxtəsər fi Hesabil Cəbri Müqabələ"nin ("Cəbr və Müqayisə Hesabları") müəllifidir. Əsər bu cümlə ilə başlayır:
«Alqoritm belə deyir: Rəbbimiz və qoruyucumuz olan Allaha həmd və səna olsun».
Orijinalı Oksford Universitetində saxlanılan bu kitabda dünyada ilk dəfə olaraq onluq say sistemini açıqlamış və üstəlik ilk dəfə olaraq, tənlik qurma üsulu ilə məsələni həll etmə yollarını göstərmişdir. Bundan başqa, sözügedən kitabında daha əvvəl məlum olmayan bir çox yeni terminlər kvadratın kök dərəcəsi, tək, tək say vəs. istifadə edilmişdir: Xarəzminin bu əsəri riyaziyyat elminin tarixi baxımından çox əhəmiyyətli irəliləyişin başlanğıcı olmuş və 600 ildən çox müddət ərzində riyaziyyatın tədrisi üçün təməl hesab olunmuşdur. Rocer Bekon, Fibonaççi kimi alimlər onun əsərini heyranlıqla tədqiq etmiş və öz dərslərində bu əsərdən faydalanmışlar. 1500-cü illərin sonlarına (1598-1599) qədər cəbr elmində tək mənbə Xarəzminin bu əsəridir. Qərb ölkələrinə «alqebra» sözü bu kitabın adındakı «əl – Cəbr» sözündən keçmişdir
Riyaziyyatla bərabər müxtəlif rəsədxanalarda fəaliyyət göstərən Xarəzmi astronomiya və coğrafiya elmlərində də əsərlər yazmışdır. Günəş saatları və saatlar haqqında əsərləri vardır.
Xarəzmi Yer kürəsinin bir dərəcəlik meridian uzunluğunu ölçmüşdür.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

3.1. Təkər bərabərtəcilli fırlanaraq fırlanmağa başladıqdan 1 dəqiqə sonra 720 dövr/dəq tezliyə uyğun sürət alır. Verilmiş zaman üçün təkərin təcilini və dövrlər sayını tapın.
3.2. Ventilyator 900 dövr/dəq tezliyə uyğun sürətlə fırlanır. Cərəyan dövrəsindən ayrıldıqdan sonra 75 dövr edərək dayanır. Dövrədən ayrılıb tam dayanana kimi keçən vaxtı təyin edin.
3.3. Val 180 dövr/dəq tezliyə uyğun sabit sürətlə fırlanır. Müəyyən vaxtdan başlayaraq val tormozlanır və 3 rad/s^2 bucaq təcili ilə bərabəryavaşıyan fırlanma hərəkəti edir. 1) Neçə saniyədən sonra val dayanar? 2) dayanana kimi neçə dövr edəcəkdir?
3.4. Maddi nöqtə radiusu 20sm olan çevrə üzrə sabit 5sm/s^2 tangensial təcillə fırlanır. Fırlanmağa başladıqdan neçə saniyə sonra normal təciltan gensial təcilə bərabər olacaq? Nə qədər vaxtdan sonra normal təcil tangensial təcildən iki dəfə böyük olacaq?
3.5. Maddi nöqtə radiusu10 sm olan çevrəüzrə sabit tangensial təcillə fırlanır. Hərəkətə başladıqdan 5-ci saniyənin sonunda nöqtənin sürətinin 79,2sm/s olduğunu bilərək, tangensial təcili hesablayın.
3.6. maddi nöqtə radiusu 2 sm olan çevrə üzrə hərəkət edir. Nöqtənin getdiyi yolun zaman asılılığı verilmişdir: $x=Ct^3$, haradakı C=0,1 sm/s^3. Maddi nöqtənin sürətinin 0,3 m/s olduğu zaman tangensial və normal təcilləri tapın.
3.7. Çevrə üzrə hərəkət edən cismin hərəkətə başladıqdan 2 san sonra nöqtənin tam təcili xətti sürət vektoru ilə 60^0 bucaq əmələ gətirdiyini bilərək bucaq təcilini tapın.
3.8. Radiusu 10sm olan təkər elə fırlanır ki, üzərindəki nöqtələrin sürəti zamandan aşağıdakı qanunla dəyişir: $v=At+Bt^2$, haradakı A=3 sm/s^2 və B=1sm/s^3. t=0,1,2,3,4 və 5 san anlarında tam təcil vektoru ilə təkərin radiusu arasındakı bucağı tapmalı.
3.9. Təkər elə fırlanırki, radiusun dönmə bucağı zamandan $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ kimi asılı olur. Haradakı B=1 rad/s, C=1 rad/s^2 и D=1rad/s^3. İkinci saniyənin sonunda təkərin ən böyük

çevrəsində yerləşən nöqtənin normal təcili 346 m/s^2 olarsa, təkərin radiusunu tapın.

3.10. Təkərin fırlandığı zaman üzərindəki nöqtənin tam təcil vektoru onun xətti sürət vektoru ilə 30^0 bucaq əmələ gətirdiyi anda normal təcil tangensial təcildən neçə dəfə fərqlənir.

3.11. Təkərdən sıçrayan palçığın velosipedisti çirkləndirməməsi üçün təkərin üzərində dəfedici qoyulur. Sxematik olaraq göstərinki, dəfedicinin hansı minimal ölçülərində palçıqlar velosipedist üzərinə düşməyəcək ?

3.12. Nə üçün fırlanan velosiped təkərinin spiçalarının yuxarı hissələri qarışıq, aşağı hissələri aydın görsənir?

❖ D İ N A M İ K A

Dinamika maddi nöqtənin hərəkətini onu yaradan səbəbi araşdıraraq öyrənən mexanika bölməsidir. Cisimlərin təcil almasının səbəbi onlara təsir edən əvəzləyici qüvvənin olması ilə başlıdır.
Dinamikanın əsas məsələsi mövcud hərəkət qanunlarına əsasən cismə təsir edən qüvvəni tapmaqdır.

4. Düzxətli hərəkətin dinamikası.

Maddi nöqtənin hərəkət tənliyi (dinamikanın II qanunu)

Vektor formada: $$m\vec{a} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i ,$$

-burada $\sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i$ - m kütləkli maddi nöqtəyə təsir edən qüvvələrin həndəsi cəmi (əvəzləyicisi), N- maddi nöqtəyə təsir edən qüvvələrin sayıdır.
Cismin ətalət halı- digər cisimlərin təsiri kompensasiya olduqda a=0, v=0 və ya v=const

$\Sigma F_i=0$ və ya $F_1+ F_2 + F_3 +...=0$,

$\vec{p} = m\vec{\upsilon}$ – impulsdur. Koordinat (skalyar) formada yazılışı: $ma_x=\Sigma F_{xi}$, $ma_y=\Sigma F_{yi}$; $ma_z=\Sigma F_{zi}$,
Cəm işarəsi alltında qüvvələrin uyğun proyeksiyaları durur.
Dinamikanın III qanunu cisimlərin qarşılıqlı təsirinə aiddir:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} ,$$

hadarakı $\vec{F}_{12}$ – ikinci cisim tərəfindən birinci cismə təsir edən qüvvə; $\vec{F}_{21}$ – birinci cisim tərəfindən ikinci cismə təsir edən qüvvədir (bir cismin təsiri qarşılıqlı xarakter daşıyır).
Huk qanuna görə elastik qüvvə : $(F_{elast})_x = -kx$,
burada k – cismin sərtliyi, x- cismin mütləq uzanmasıdır. Sərtlik əmsalı cismin material və ölçülərindən asılıdır.

Qravitasiya (ümümdünya cazibə) qanunu:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

burada m_1 *və* m_2 – bir-birindən r məsafədə yerləşmiş qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin kütləsidir.

G = 6,67.10^{-11} N.m^2/kq^2 – qravitasiya sabiti adlanır.

Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi

$$F_{sür}=\mu F_T=\mu N,$$

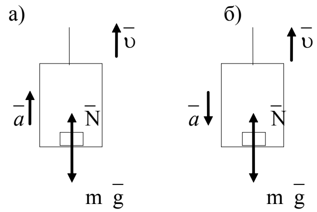
burada μ - sürüşmə sürtünmə əmsalı , F_T – normal təzyiq qüvvəsi, N – dayağın reaksiya qüvvəsi. F_T =N – dinamikanın III qanuna görə bərabərdir.

- ***Məsələ həllinə nümunələr.***

➢ ***Məsələ 1***. *Kütləsi 300 kq olan cismi lift vasitəsi ilə 3 m/s^2 təcillə qaldırılır. Yükün liftin döşəməsinə təzyiq qüvvəsini tapın.*

Verilir: m=300 kq, a=3 m/s^2
Tapmalı: P - ?

Həlli. Cisim üçün dinamikanın əsas qanunu belə yaza bilərik:



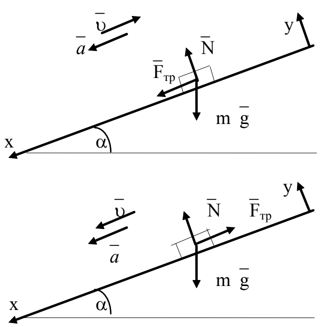
$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

burada $\vec{N}$ – dayağın reaksiya qüvvəsidir.

İki hala baxaq (şəkil):

a) təcil yuxarı yönəlmişdir:
$ma = N_1 - mg$,
buradan $N_1 = ma + mg$.
Dinamikanın III qanuna görə $P_1 = N_1$, $P_1 = ma + mg$, P_1=3,84 kN.

b) təcil aşağı yönəlmişdir: - ma=N$_2$ - mg, uyğun olaraq N$_1$=mg- ma, buradan
$P_2 = mg - ma$, P_2=2,04 kN.



➢ ***Məsələ 2***. *Maili büz dağı üfüqlə α bucağı əmələ gətirir. Onun üzəri ilə yuxarı daş buraxılırki, sonra aşağı sürüşür. Aşağı düşmə vaxtının yuxarı qalxma vaxtından n dəfə böyük olduğunu bilərək sürtünmə əmsalını tapın.*
Verilib: $t_2/t_1 = n$.
Tapmalı: μ -?

Həlli. Daşın hərəkət tənliyi ma=mg+N+Fsür

Daşın yuxarı hərəkəti yavaşıyan hərəkətdir. OX oxu üzrə proyeksiyada

$ma_1 = Fsür + mg\sin\alpha;$

OY: $N - mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha.$

Sürtünmə qüvvəsi

$Fsür = \mu N = \mu mg\cos\alpha,$

və hərəkət tənliyi son halda

$a_1 = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha.$ (1) olar.

Daışn aşağı hərəkəti zamanı: $ma_2 = mg\sin\alpha - Fsür$. Uyğun çevirmələr aparsaq, hərəkət tənliyi belə olacaq:

$ma_2 = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha.$ (2)

(1) və (2) dən: $a_1 = g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha;$ $a_2 = g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha.$

Yuxarı hərəkətdə daşın getdiyi yol $s = v_o t_1 - a_1 t_1^2/2$; qalxmanın sonunda daşın sürəti $v=0$, uyğun olaraq $v_o = a_1 t_1$, onda

$s = a_1 t_1^2/2$ (3)

Daşın aşağı hərəkəti zamanı isə onun getdiyi yol

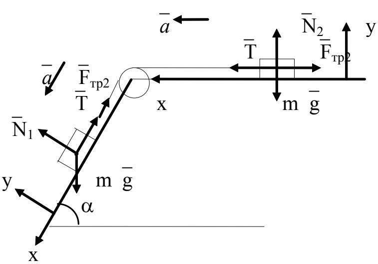
$s = a_1 t_1^2/2$ (4)

(3) və (4) dən alarıq: $a_1/a_2 = (t_2/t_1)^2 = n^2.$

(1) və (2) ifadələrini istifadə etsək: $(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)/(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = n^2$,

buradan $\mu = \dfrac{n^2 - 1}{n^2 + 1}\,\mathrm{tg}\alpha.$

- ***Məsələ 3.** Üfüqlə 60^o meyl bucağı olan mail müstəvi üfüqi stola birləşdirilmişdir. Hər birinin kütləsi 1 kq olan yüklər blokdan aşırılmış çəkisiz iplə bir birinə bağlanaraq*



mail müstəvi və stol üzərində qoyulmuşlar. Cisimlərin səthlə sürtünmə əmsalının 0,3 olduğunu bilərək, sistemin təcilini və ipin gərilmə qüvvəsini tapın

Verilib: $m_1=m_2=m=1$ *kqкг*, $\alpha=60^o$, $\mu=0,3$

Tapmalı: a - ? T - ?

Həlli. Məsələnin şərtinə uyğun şəkil çəkək. Şəkildə cisimlərə təsir edən qüvvələri göstərək. Hər iki cisim üçün hərəkət tənliyi belə olacaq:

$$m\vec{a}=\sum_{i=1}^{N}\vec{F}_i$$

X və Y oxları üzrə tənliyi proyeksiyalarda yazaq:

I cisim üçün

OX: $ma=mg\sin\alpha - T - F_{sür1}$

OY: $N_1 - mg\cos\alpha=0$,

Sürtünmə qüvvəsi $F_{sür1}=\mu N_1=\mu\, mg\cos\alpha$, və

$$ma = mg\sin\alpha - T - \mu\, mg\cos\alpha. \qquad (1)$$

II cisim üçün

OX: $ma= T-F_{sür2}$

OY: $N_2-mg=0$, но $F_{sür2}=\mu N_2=\mu\, mg$,

onda $$ma = T-\mu\, mg. \qquad (2)$$

(1) və (2) tənliklər sistemini həll etsək, alarıq

$a=[mg\sin\alpha-mg(\mu+\mu\cos\alpha)]/(2m)=g[\sin\alpha-\mu(1+\cos\alpha)]/2$;

$T=m(a+\mu g)$. $a=2$ m/san ^{2}; $T=5$ N.

- ***Məsələ 4***. *Meyl bucağı α olan mail müstəvi üzərində yerləşən cismin aşağı sürüşməməsi üçün ona səth boyunca yuxarı istiqamətdə* F_1 *qüvvəsi tətbiq etmək lazımdır. Bu cismi müstəvi boyunca bərabərsürətlə yuxarı dartmaq üçün isə* F_2 *qüvvəsi tətbiq etmək lazımdır. Cisimlə müstəvi arasındakı sürtünmə əmsalını hesablayın.*

Verilir: α, F_1, F_2 Tapmalı: μ-?

Həlli: Mail müstəvi üzərində yerləşən cismi aşağıya doğru sürüşdürməyə çalışan qüvvə ağırlıq qüvvəsinin səthə paralel toplananıdır.

$$F_{aş} = mg\sin\alpha$$

Cismin hərəkətinə mane olan qüvvə isə sürtünmə qüvvəsidir:

$$F_{sür} = \mu mg\cos\alpha$$

Əgər $F_{aş}>F_{sür}$ olarsa, onda cisim səth boyunca aşağı sürüşər və cismi yerində saxlamaq üçün ona yuxarı istiqamətdə yönələn və modulu

$$F_1 = F_{aş}-F_{sür}$$

kimi təyin olunan qüvvə ilə təsir etmək lazımdır.
Cismi səth boyunca yuxarı dartanda isə $F_{sür}$ istiqamətini dəyişərək aşağıya doğru yönəlmiş olur. Çünki, sürtünmə qüvvəsi həmişə hərəkətin əksinə doğru yönəlir. Deməli cismi yuxarıya doğru bərabərsürətlə dartmaq üçün, ona modulu

$$F_2= F_{aş}+F_{sür}$$

kimi təyin olunan qüvvə tətbiq etmək lazımdır.

Beləliklə, axırıncı iki tənliyi bir sistemdə birləşdirərək məsələni həll etmək olar:

$$\begin{cases} F_1 = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha \\ F_2 = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha \end{cases}$$

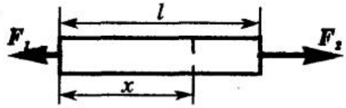
Və ya

$$\begin{cases} F_1 + F_2 = 2mg\sin\alpha \\ F_2 - F_1 = 2\mu mg\cos\alpha \end{cases}$$

Sonuncu iki tənliyi tərəf-tərəfə bölsək:

$$\frac{tg\alpha}{\mu} = \frac{F_2 + F_1}{F_2 - F_1} \quad \text{və ya} \quad \mu = \frac{F_2 - F_1}{F_2 + F_1}\cdot tg\alpha$$

- ***Məsələ 5.*** *Uzunluğu l olan bircins düz məftilə F_1 və F_2 qüvvələri təsir edir. Bu qüvvələr*



məftilin uclarına tətbiq edilib, bir-birindən əks istiqamətə yönəliblər. Ucların birindən x məsafədə yerləşən məftilin kəsik yerində təsir edəcək F qüvvəsini təyin edin.

Həlli: Sol tərəfin malik olduğu kütlə $\frac{mx}{l}$,

sağ tərəfdə isə kütlə $\frac{m(l-x)}{l}$.

Bu səbəbdən cismin hissələrinin aldığı təcil dinamikanın II qanununa görə

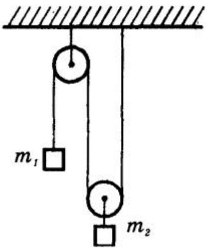
$$\frac{mx}{l}a = F_1 - F, \text{ və}$$

$$\frac{m(l-x)}{l}a = F - F_2$$

Buradan $a = \frac{F_1 - F_2}{m}$,

Nəticədə

$$F = F_1\frac{l-x}{l} + F_2\frac{x}{l}.$$



➢ ***Məsələ 6.*** *Şəkildə göstərilmiş yüklərin a_1 və a_2 təcillərini və uzanmayan sapın T gərilmə qüvvəsini təyin edin. Blokların və ipin kütləsini, bloklarda sürtünməni nəzərə almayın.*

Həlli. Birinci cisim tərpənməz blokdan, ikinci cisim isə tərpənən blikdan asılmışdır. Bu səbəbdən cisimlərin yolu iki dəfə fərqlənəcəkdir bu da təcillərin iki dəfə fərqlənməsinə gətirəcəkdir. . $S_1 = 2S_2, \Rightarrow a_1 = 2a_2$, Hər iki cisim üçün dinamikanın əsas qanununu yazsaq

$m_1 a_1 = m_1 g - T,$

$m_2 a_2 = 2T - m_2 g$

Tənliklər sistemini həll etsək, alarıq

$$a_1 = \frac{2(2m_1 - m_2)}{4m_1 + m_2} g,$$

$$a_2 = \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g,$$

$$T = \frac{3m_1 m_2 g}{4m_1 + m_2}$$

- ***Məsələ 7.*** *Cisim müəyyən təcillə yuxarı və sonra aşağı hərəkət edir. Bu hərəkətlərdə cismin çəkisini 1,2 dəfə fərqlənir. Təcili tapın.*

Verilib: $\frac{P_1}{P_2} = 1{,}2$

Tapmalı: a=?

Həlli: Cismin yuxarı yeyinləşən zaman çəkisi artıq, aşağı yeyinləşən hərəkət zamanı isə azalır:

$$P_1 = m(g+a)$$

$$P_2 = m(g-a)$$

$$\frac{m(g+a)}{m(g-a)} = 1{,}2$$

$$\frac{g+a}{g-a} = 1{,}2$$

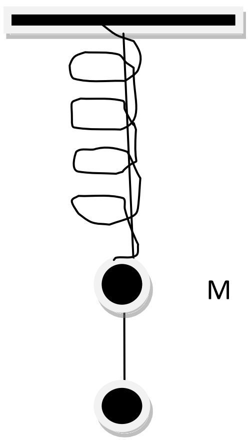
$$g + a = 1{,}2g - 1{,}2a$$

$$1{,}2g = 2{,}2a$$

$$g = 11a$$

$$a = \frac{g}{11} = \frac{1}{11}g$$

- ***Məsələ 8.*** *Kütləsi m olan cismə t=0 anından 30° bucaq altında F=bt qüvvəsi təsir edir. (b)=1N/s. sürtünmə əmsalı μ olarsa (μ=0,1) cismin aldığı təcilin zamandan asılılığını tapın*.



Həlli: Hərəkət istiqamətində OX, hərəkətə perpendikulyar istiqamətdə isə OY oxlarını seçək:

Ox: Fcosα-μN=ma

OY: Fsinα+N=mg buradan N=mg-btsinα

Dinamikanın II qanununa görə Fcosα-μ(mg-Fsinα)=ma

və ya

btcosα-μ(mg-btsinα)=ma

buradan

$$a = \frac{1}{m}(bt(\sin\alpha + \cos\alpha) - \mu mg)$$

və

$$a = \frac{\sin\alpha + \cos\alpha}{m} bt - \mu g\ .$$

- ***Məsələ 9.*** *Kütlələri m və M olan maddı nöqtələr çəkisiz məftilin uclarına birləşdirilib. M kütləli maddi nöqtə isə şaquli asılmış və iplə dartılaraq sərtliyi K olan sıxılmış yaya bərkidilmişdir. Yayın dartılmamış vəziyyətdə uzunluğu L-dir. Başlanğıc halda yayın uzunluğu l-ə qədər sıxılmışdır. Ip qırıldıqdan sonra məftildə yaranan gərilmə qüvvəsini təyin edin.*

Verilib: m,M,L,l, m=100q,M=200 q. L=20 sm, K=30 N/m, l=10 sm.
Tapmalı:T

Həlli: İpin qırııldığı anda yüklərin bağlandığı məftilə mg vəMg ağırlıq qüvvələri və yayın elastik qüvvəsi təsir edir:

F=k(L-l)

Inersial hesablama sistemində yüklər və məftil sistemin aldığı təcil göstərilən qüvvələrin təsiri ilə yaranır:

Mg+mg+F=(M+m)a

Buradan

a=g+k(L-l)/(m+M)

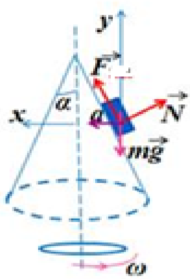
Göründüyü kimi $a > g$,
M maddi nöqtəsinin təcillə hərəkəti onun ağırlıq qüvvəsi və məftilin gərilmə qüvvəsi hesabına yaranır.

$$Mg + T = Ma$$

Buradan

$$T = M(a-g) = \frac{k(L-l)M}{m+M}$$

alarıq.



- ***Məsələ10.*** *Təpə bucağı* $2\propto$ *olan konus simmetriya oxu ilə üst-üstə düşən şaquli ox ətrafında fırlanır. Konusun təpəsi yuxarı* *yönılmışdır. Konusun daxili səthində konuz səthi ilə sürtünmə əmsalı μ olan cisim vardır. Konusun fırlanma bucaq sürətinin hansı qiymətində cisim təpə nöqtəsindən L məsafədə aşağıda sükunətdə qala bilər?*

Verilib: $2\propto$, μ , L
Tapmalı: ω

Həlli: Məsələnin şərtinə uyğun olaraq sxematik şəkil quraq. Şaquli yuxarı OY oxunu, üfüqi istiqamətdə OX oxunu qurub qüvvələrin proyeksyalarını yazaq:
Cismə konus boyu yuxarı yönəlmiş sürtünmə qüvvəsi, şaquliaşağı ağırlıq qüvvəsi və konus səthinə perpendikulyar olan normal reaksiya qüvvəsi təsir edəcək.
Dinamikanın II qanununa görə:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F_s} = m\vec{a}$$

Proyeksiyalarda:

$$ma = -NCos\propto + F_sSin\propto$$
$$-mg + NSin\propto + F_sCos\propto = 0$$

Nəzərə alsaqki $F_s = \mu N$
onda

$$ma = -NCos\propto + \mu NSin\propto$$
$$-mg + NSin\propto + \mu NCos\propto = 0 \quad \text{və}$$
$$ma = N(\mu Sin\propto - Cos\propto)$$
$$mg = N(Sin\propto + \mu Cos\propto)$$

sistemi təcili tapmaq yönümdə həll etsək alarıq:

$$a = \frac{\mu Sin\alpha + Cos\alpha}{Sin\propto + \mu Cos\propto} g$$

alarıq. Fırlanma hərəkətində təcil dusturuna görə

$$a = \omega^2 R = \omega^2 L Sin\alpha$$

Buradan fırlnma bucaq sürəti üçün alarıq:

$$\omega = \sqrt{\frac{g(\mu Sin\alpha + Cos\alpha)}{L(Sin\alpha + \mu Cos\alpha)Sin\alpha}}$$

Əbül-Abbas Əhmәd Fərqani (802 Türküstan Fərqanə -) -Yerin ekliptik mailliliyini və Günəşin də hərəkət etdiyini kəşf etmişdir. Fərqani 194 Göy cisimlərinin hərəkətlərini tədqiq etmiş və Ptolomeyin astronomiya elmində qəbul edilmiş iddiaları haqqında şərhlər yazmışdır. Kainatın və planetlərin həcmi və bir-birləri arasındakı məsafələri araşdırmışdır. Araşdırmaları nəticəsində apardığı hesablamalar Qərb astronomiyasında Kopenikə qədər dəyişməz ölçülər kimi qəbul edilərək, yüz illərlə istifadə edilmişdir. Fərqaninin araşdırmaları nəticəsində ilk dəfə Günəşin də bir orbitinin olduğu və öz oxu ətrafında qərbdən şərqə doğru fırlandığı aşkar edilmişdir. Bundan başqa astronomiya tədqiqatları nəticəsində Yerin en dairələri arasındakı məsafəni də müəyyən etmişdir. Fərqani Günəş tutulmasını əvvəlcədən müəyyən etmək üçün üsul kəşf etmiş, 842-ci ildə bu üsulla Günəş tutulmasını əvvəlcədən müəyyən etmişdir. Fərqaninin 6 əsərindən ən əhəmiyyətlisi "Cəvami əl-İlmi əl-Nücum vəl-Hərəkat əl-Səmaviyyə" ("Astronomiya və göy cisimlərinin hərəkətlərinin prinsipləri")dir. Göy cisimlərinin hərəkəti ilə bağlı olan bu astronomiya kitabının əlyazma nüsxələri Oksford, Paris, Qahirə və Amerikanın Prinston Universiteti kitabxanasında saxlanılır.

O dövrdə bütün türküstanlı alimlər və avropalı elm adamlarının əsərlərində Fərqaninin təsiri görünür. Latın dilinə tərcümə edilən əsərləri əsrlərlə Avropa universitetlərində dərslik kimi istifadə edilmişdir. Qərb dünyasında «Alfraganus» adı ilə tanınan Fərqaninin Yerin çevrəsi ilə bağlı tapdığı qiymət (təxminən 40.253.700 metr) Xristofor Kolumb: *«Səyahətlərim arasında Lissabondan Qvineyaya olan marşrutu diqqətli şəkildə müşahidə etdim və hər bir dərəcə üçün Alfraganusun qiyməti olan 56 3/2 millik qiyməti tapdım. Bu ölçməyə etibar etməliyik».*

Fərqani Günəş səthində tutqun ləkələrin olduğunu aşkar etmişdir. Fərqaninin astronomiyaya dair kitabları XVI əsrə qədər astronomiyadan dərs vəsaiti kimi istifadə olunmuşdur.

- ***Müstəqil həll etmək üçün məsələlər***.

4.1. İçərisindəki adamla birgə liftin kütləsi 800 kq-dır. Hansı təcillə və hansı istiqamətdə lift hərəkət etməlidirki, lifti saxlayan trosun gərilmə qüvvəsi 1) 12 kN, 2) 6kN olsun?
4.2. Kütləsi 1 t olan avtomobil 5 san ərzində bərabər yavaşıyan hərəkət edərək dayanır, nəticədə 25 m yol qət edir. Avtomobilin başlanğıc sürətini və tormozlayıcı qüvvəni tapın.
4.3. Kütləsi 16 t olan dayanmış bərabərtəcilli hərəkət edərək 30 saniyə ərzində 11 metr yol qət etsin? Hərəkət zamanı vaqona ağırlıq qüvvəsinin 0,05 hissəsini təşkil edən sürtünmə qüvvəsi təsir edir.
4.4. Qatar parovozun dartısı kəsildikdən sonra 98 kN sürtünmə qüvvəsinin təsiri ilə 1 dəq ərzində dayandı. Qatarın kütləsi 500 t olarsa, onun başlanğıc sürətini təyin edin.
4.5. Kütlsi 20 t olan vaqon sabit mənfi olmaqla 0,3 m/s^2 təcillə hrəkət edir. Vaqonun başlanğıc sürəti 54 km/saatdır. 1) vaqona təsir edən sürtünmə qüvvəsini tapmalı 2) vaqon nə qədər vaxtdan sonra dayanar? 3)dayanana kimi vaqon hansı məsafəni qət edəcək?
4.6. 9,8 N qüvvənin təsiri ilə cisim düzxətli olmaqla elə hərəkət edirki, getdiyi yol zamandan $s=A-Bt+Ct^2$. kimi asılıdır. Cismin kütləsini tapın $C=1m/s^2$.
4.7. Kütləsi 0,5 kq olan cisim elə hərəkət edirki, getdiyi yol zamandan $s=A\sin\omega t$ kimi asılı olur. haradakı A=5sm və $\omega=\pi$ rad/s. Hərəkətin başlanmasından 1/6 saniyə sonra cismə təsir edən qüvvəni tapın.
4.8. Tramvay yerindən hərəkətə başlayaraq 0,5 m/s^2 təcillə bərabərtəcilli hərəkətə başlayır. Hərəkətə başladıqdan 12 san sonra tramvayın mühərriki söndürülür və tramvay bərabəryavaşıyan olmaqla dayanacağa kimi hərəkət edir. Bütün yolda sürtünmə əmsalı 0,01 dir. 1) tramvayın ən böyük sürətini tapın. 2) hərəkətə sərf olan ümumi vaxtı tapın 3) yavaşıyan hərəkətdə tramvayın təcilini tapın 4) tramvayın getdiyi ümumi yolu hesablayın.

4.9. Üfüqi düzxətli yolda teplovoz qatara sürtünmə qüvvəsinə bərabər sabit qüvvə ilə təsir edir. Qatarın hərəkəti necə olacaq? Bu halda ətalət qanunu ozünü necə göstərir?
4.10. Taxta lövhəni şaquli divara hansı bucaq altında qoymaq lazımdırki, söröşməsin. Döşəmə ilə sürtünmə əmsalı 0,33, üfüqdən meyl bucağı 60^o, taxta lövhənin uzunluğu 4 m-dir.
4.11.

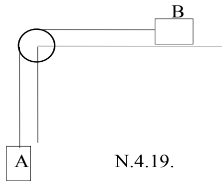
Cisimlərin mail müstəvidə hərəkəti.

4.12. Avtomobilin kütləsi 1 tondur. Hərəkət zamanı ona ağırlıq qüvvəsinin 0,1 hissəsinə bərabər sürtünmə qüvvəsi təsir edir. 1) mailliyi hər 25 m-də yüksəlişi 1 m olan yolda 2) eyni maillikdə təpədə avtomobilin mühərrikinin yaratdığı dartı qüvvəsini təyin edin.
4.13. Cisim üfüqlə meyl bucağı 4^o olan mail müstəvi üzərindədir. 1) sürtünmə əmsalının hansı qiymətində cisim mail müstəvi boyu aşağı sürüsməyə başlayar? 2)sürtünmə əmsalı 0,03 olarsa, cisim hansı təcillə sürüşər? 3) Bu şərt daxilində cismin 100 m sürüşməsi üçün lazim olan vaxtı təyin edin. 4) 100 m yolun sonunda cismin malik olduğu sürəti tapın.
4.14. Cisim üfüqlə 45^o bucaq əmələ gətirən mail müstəvidə sürüşür. Cismin getdiyi yolun zamandan asılılığı bu formada verilmişdir: $S=Ct^2$, hadarakı $C=1{,}73$ m/s^2. Cisim ilə səth arasında sürtünmə əmsalını təyin edin.
4.15. Uzunluğu 5 m, hündürlüyü 3 m olan mail müstəvi üzərində kütləsi 50 kq olan cisim qoyulmuşdur. Mail müstəvi boyu cismə hansı qüvvə ilə təsir etmək lazımdırki, 1) yük müstəvi üzərindən sürüşməsin. 2) cismi bərabərsürətlə yuxarı dartmaq 3) 1 m/s^2 təcillə yuxarı dartmaq mümkün olsun? Sürtünmə əmsalı 0,2-dır.
4.16. Mailliyi 15^o olan müstəvi üzərində cismi yuxarı buraxdılar. Qalxma vaxtı aşağı düşmə vaxtından x=2 dəfə fərqlənərsə, cisimlə mustəviarasında sürtünmə əmsalını tapın.
4.17. Meyl bucağı α olan mail müstəvi üzərində qalmış cisim, mail müstəvinin hansı təcillə hərəkəti zamanı müstəvi boyu

yuxarı qalxar. Cisimlə mail müstəvi arasında sürtünmə əmsalı μ olsun.

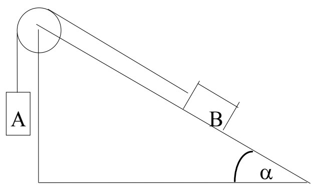
Əlaqəli cisimlər sisteminin hərəkəti.

4.18. Çəkisiz blokdan aşırılmış ipin uclarına kütlələri 1 və 2 kq olan cisimlər bağladılar. Cisimlərin təcilini və ipin gərilmə qüvvəsini tapmalı. Blokda sürtünməni nəzərə almamalı.



N.4.19.

4.19. Çəkisiz blok stolun kənarına bərkidilmişdir. (Şək-4.19) A vəB yükləri bərabər kütləyə malikdir $m_1=m_2=1$кг, yüklər ipin uclarına bağlanış və ip blokdan aşırılmışdır. B yükünün stol səthi ilə sürtünmə əmsalı 0,1-ə bərabərdir. Tapmalı: 1) yüklərin hərəkət təcilini 2) ipin gərilmə qüvvəsini. Blokda sürtünməni nəzərə almayın.

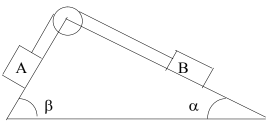


N-.4.20.

4.20. Çəkisiz blok mail müstəvinin təpəsində bərkidilmişdir (şək.4.20). Müstəvinin meyl bucağı $\alpha=30^o$.blokdan aşırılmışipin uclarına bağlanmışlar. 1)yüklərin hərəkət təcilini 2)ipin gərilmə qüvvəsini tapın. B cisminin mail müstəvidə və blokda sürtünməni nəzərə almayın.

4.21. Əvvəlki məsələni B cisminin müstəvi ilə sürtünmə əmsalının 0,1 olduğu hal üçün həll edin. Blokda sürtünmə yoxdur.

4.22. Çəkisiz blok iki mail müstəvinin birləşdiyi təpə yerində yerləşdirilmişdir. Müstəvilərin meyl bucağı uyğun olaraq $\alpha=30^o$ və $\beta=45^o$ (şək.4.22). A və B cisimlərinin hər birinin kütləsi 1 kq-dır. Blokdan aşırılmış ipin uclarına bağlanmışlar. 1)sistemin



N-.4.22.

təcilini 2) ipin gərilmə qüvvəsini tapmalı. A və B cisimlərinin mail müstəvilərdə sürtünməsini və blokda sürtünməni nəzərə almayın.

4.23. Müstəvilərdə sürtünmə əmsalının uyğun olaraq $\mu_1=\mu_2=0,1$. Olduğunu nəzərə alaraq, əvvəlki məsələni həll edin. Blokda sürtünməni nəzərə almayın.

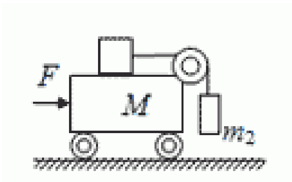
4.24. Bir- birinə iplə bağlanmış, hər birinin kütləsi 1 kq olan üç cisim üfüqlə 30^o bucaq altında yönəlmiş 10 N qüvvənin təsiri ilə üfüqi müstəvidə hərəkət etdirilir. Sürtünmə əmsalı 0,1 olarsa sistemin təcilini və iplərin gərilmə qüvvəsini təyin edin.

4.25. Çəkisiz blokdan aşırılmış ipin uclarına hər biri 100 kq olan yüklər bağlanmışdır. Yüklərin birinin üzərinə 10 q kütləli yük qoyulur. Əlavə yükün yaratdığı təzyiq qüvvəsini və blokun oxuna təzyiq qüvvəsini tapın.

4.26. Hər biri 15 kq olan arabanı bir-birinə iplə bağlayıb bucaq altında yönəlmiş 120 N qüvvənin təsiri ilə dartırlar. Sürtünmə əmsalı 0,02 olarsa, sistemin təcilini və bağlanmış ipin gərilmə qüvvəsini tapın.

4.27. Stol üzərində olan tirciyin hər iki tərəfindən bağlanmış iplər stolun kənarlarında yerləşdirilmiş bloklardan asırılmiş, iplərin sərbəst ucuna uyğun olaraq 0,85 və 0,2 kq yük bərkidilmişdir. Nəticədə tircik hərəkətə gəlir və 3 san müddətində 0,81 m yerini dəyişir. Tirciyin kütləsinin 2 kq olduğunu bilərək, sürtünmə əmsalını və iplərin gərilmə qüvvəsini təyin edin.

4.28. Daşı üfüqə bucaq altında hansı sürətlə atmaq lazımdırki, atılma nöqtəsindən üfüqi L məsafədə h yüksəklikdə yerləşən hədəfi vura bilsin?



4.29. Kütləsi M olan arabaya üfüqi hansı F qüvvəsi təsir etməlidirki, üzərində blokdan aşırılmış ipin uclarına bağlanmış m_1 və m_2 kütləli cisimlər ona nəzərən sürüşməsin?

4.30. Əgər lövhəni üfüqə α bucaq altında əysək, onda kərpic onun üzərində müntəzəm (bərabərsürətlə) hərəkət edərək düşər. Əgər lövhəni $\beta > \alpha$ qədər əysək, hansı t zaman ərzində kərpic bütün lövhəni sürüşər? Lövhənin uzunluğu l -ə bərabərdir.

4.31. Dönmə zamanı pilot təyyarənin korpusunu hərəkət istiqaməti ətrafında $\alpha = 10^0$ döndərir. Uçuş sürəti $v = 360$ km/saat olarsa, dönmə R radiusunu hesablayın.

4.32. m kütləli çuqun kürə suya sabit v sürət ilə düşür. Hansı F qüvvəsi onu yuxarıya çəkmək lazımdır ki, o $2v$ sürət ilə qalxsın? Müqavimət qüvvəsi kürənin sürəti ilə düz mütənasibdir.

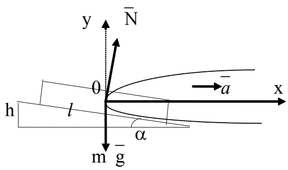
❖ *5. Əyrixətli hərəkətin dinamikası.*

Məsələ həllinə nümunə.

➢ ***Məsələ 1.*** *Radiusu 300 m olan dairəvi dəmir yolunda kənar relsi daxili relsə nəzərən nə qədər qaldırmaq lazımdır? Relslər arası məsafə 1524 mm-dir. Relslərə təzyiq qüvvəsi onlara perpendikulyardır. Qatarın qürəti 54km/saat-dır.*

Verilib: R=300 м, l=1,524 м, v=15 м/s. Tapmalı: h - ?

Həlli. Qatar R radiuslu çevrə üzrə v süräti ilə hərəkət etməlidir və təcil a=v^2/R üfüqi istiqamətdə yönəlməlidir. Bu təcil bir-birini tarazlaşdıran $\bar{N}$ və m $\bar{g}$ qüvvələrini yaradır. Bu səbəbdən xarici rels nisbətən hündür olmalıdır. Dinamikanın II qanuna



görə $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$: proyeksiyalarda yazsaq:

OX: ma = N sin α,

OY: N cos α - mg = 0.

buradan tgα= ma/mg= υ^2/(gR).

α çox kiçik olduğundan, onda sin α≈ tgα. Şəkildən göründüyü kimi sin α=h/l. Uyğun olaraq,

h= $l\upsilon^2/(Rg)$. h=0,12 m.

Sabit Bin Kurra (821-901) riyaziyyat, astronomiya və tibb sahələrində mütəxəssis olan İslam alimlərindən biridir. Dövründə bütün bu sahələrdə çox böyük irəliləyişlərə səbəb olmuş, xüsusilə həndəsə və cəbr sahəsində yeniliklərə imza atmışdır. Sabit bin Kurranın həndəsə elminə verdiyi tövhələrini Şərq sivilizasiyalarını öyrənən alimlərdən Corc Rivuar *"Cəbrin həndəsəyə tətbiqinə görə müsəlmanlara borcluyuq. Bu da 901-ci ildə vəfat etmiş Sabit bin Kurranın əsəridir,"*- sözlərilə açıqlamışdır.

Riyaziyyat, astronomiya, astrologiya, tibb və tərcümə ilə maraqlanan Sabit bin Kurranın 79 əsərinin olduğu məlumdur. Bunlardan 21-i tibb, 2-si musiqi, qalan 25 əsər isə riyaziyyat və fəlsəfə ilə bağlıdır.

Sabit bin Kurra sinus teoremini kəşf etmiş və bunu astronomiyaya tətbiq etmişdir. Bundan başqa Pifaqor teoreminin ümumi isbatını vermişdir. Dünyanın çevrəsini 360 meridiana bölünmüş qəbul edərək ekvatorun uzunluğunu hesablayan və buna bağlı olaraq Yerin radiusunu tapmışdır.

Sabit bin Kurra Evklidin biliklərindən istifadə edərək cəbr sahəsində daha çox ümumi düsturların həllini göstərməyə başlamışdır. Karl B. Boyer "Riyaziyyatçıların tarixi" kitabında bu mahir riyaziyyatçı haqqında bunları demişdir:

«B.e. IX əsri müsəlman riyaziyyatçıların qızıl əsri olmuşdur. Əsrin birinci yarısına Xarəzmi, ikinci yarısına Sabit bin Kurra möhür vurmuşdular. Xarəzmi ilə Evklid "banilər" kimi *bir-birinə bənzəyirlər. Sabit bin Kurra isə Pappus kimi ali riyaziyyat şərhçisidir..»*

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

5.1. Yer planetində sutkanın davametmə müddəti nə qədər olmalıdırki, ekvatorda olan cisimlərin çəkisi olmasın?
5.2. Tramvay radiusu 128 m olan dairəvi yolda gedir. Tramvayın sürəti 9 km/saat olduqda təkərlərin yan relslərə təzyiq qüvvəsini tapın. Tramvayın kütləsi 5 tondur.
5.3. İçərisində su olan vedrə ipə bağlanaraq şaquli müstəvidə fırladılır. 1) hansı ən kiçik sürətlə fırladılmalıdır ki, yuxarı nöqtədə su dagılmasın? 2) bu halda ipin vedrənin ən yuxarı və ən aşağı nöqtələrdə olduğu an üçün gərilmə qüvvələrini tapın. Verdənin su ilə birgə kütləsi 2 kq dır.
5.4. İpə bağlanmış daş şaquli müstəvidə bərabərsürətlə fırladılır. Ipin maksimal və minimal gərilmə qüvvələrinin fərqinin 9,8 N olduğunu bilərək, daşın kütləsini tapın.
5.5. Uzunluğu 30 sm olan ipə bağlanaraq üfüqi müstəvidə 15 sm radiuslu çevrə üzrə fırlanan daşın fırlanma tezliyinin 59 dövr/dəq olması üçün dəqiqədə neçə dövr etməlidir.
5.6. Kütləsi 50 q olan yük 25 sm uzunluqlu ipə bağlanaraq üfüqi müstəvidə çevrə cızır. Yükün fırlanma sürəti 2 dövr/san olarsa, ipin bu halda gərilmə qüvvəsini təyin edin.
5.7. Disk şaquli ox ətrafında 30 dövr/dəq sürəti ilə fırladılır. Fırlanma oxundan 20 sm məsafədə disk üzərində cisim qoyulmuşdur. Sürtünmə əmsalı nə qədər olmalıdırki, cisim diskdən sürüşməsin.
5.8. Kütləsi 2 ton olan avtomobilin çökük körpüdə çəkisi 25kN - dır. Körpünün radiusu 100 m olarsa, avtomobilin sürətini hesablayın.
5.9. Uzunluğu 30 sm olan ipə bağlanmış kürə şaquli mustəvidə fırladılır. İpin möhkəmlik həddi mg olarsa, hansı tezlikdə fırlandıqda ip qırılar. M kürənin kütləsidir.
5.10. Təyyarə 900 km/saat sürətlə uçaraq, ölü ilgək cışır. İlgəyin radiusu nə qədər olmalıdırki, təyyarəçi 5 qat yüklənməyə məruz qalsın.

5.11. Cisim üfüqi yolda 72 km/saat sürətlə hərəkət edərək 100 m radiuslu əyri yol üzrə dönür. Döngədə aşmaması üçün o nə qədər əyilməlidir?

5.12. Şosse 100 m radiuslu döngə üçün meyl bucağı 10^0 olan viraj vardır. Bu yol hansı sürətə hesablanmışdır.

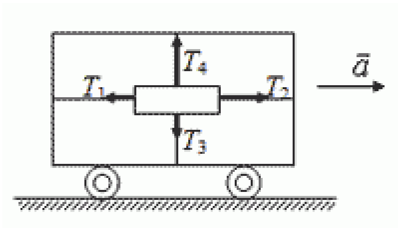
5.13. Nə üçün dəmir yol körpüsündən keçdikdə maşinist qatarın sürəti azaldır?

5.14. Velosipedin təkərinin diametrinin artırılması velosipedin "yüngül gedişinə" necə səbəb olur? Velosipedin digər ölçülərini dəyişməz hesab etməli.

5.15. A nöqtəsində sahil xəttinə α bucağı altında hərbi gəmi çıxır. Eyni vaxtda B məntəqəsindən torpeda buraxılır. Torpedonu hansı bucaq altında buraxmaq lazımdırki, gəmini vura bilsin. Gəminin sürəti V_1, torpedonun sürəti isəV_2-dir.

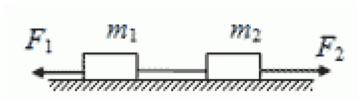
5.16. Cisim üfüqə a bucağı altında V sürəti ilə atılmışdır. Atılma nöqtəsindəvə maksimal yüksəklikdə trayektoriyanın əyrilik radiusunu tapmalı.

5.17. Cisim üfüqə bucaq altında atılmışdır. Nə qədər vaxtdan sonra atılma nöqtəsindən onun olduğu nöqtəyə çəkilən radius vektor cismin sürətinə perpendikulyar olacaqdır?



5.18 Araba daxilində yük dörd ip vasitəsi ilə divarlara, döşəmə və tavana bağlanmışdır. İplərdəki gərilmə qüvvələri uyğun olaraq T_1 və T_2, şaquli istiqamətdə— T_3 və T_4. –dür. Araba üfüqi istiqamətdə hansı təcillə hərəkət edir?

5.19. Kütlələri m_1 və m_2 olan cisimlər maksimal T gərilməsinə davam gətirə bilən iplə başlanmışlar. Cisimlərə zamana görə dəyişən F_1 =at və F_2 =2at qüvvələri təsir edir. Sürtünməni nəzərə almadan, ipin qırılacağı anı təyin edin. .

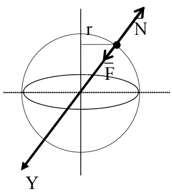


❖ *6. Ümumdünya cazibə qanunu.*

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

haradakı m_1 *və* m_2 – bir birindən r məsafədə yerləşən, qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin kütlələridir.
G = 6,67.10^{-11} N.m^2/kq^2 – qravitasiya sabitidir.

- ***Məsələ həllinə nümunələr.***



➢ ***Məsələ 1.*** *Hər hansı planetin ekvarorunda cismin çəkisi qütbdəki çəkisindən iki dəfə azdır. Planetin sıxlığı 3x10^3 kq/m^3.dur. Planetin öz oxu trafında firlanma periodunu təyin edin.*
Verilib: P=P q/2, ρ=3.10^3 kq/m^3
Tapmalı: T - ?

Həlli. Cismə planetin səthində agırlıq qüvvəsi və reaksiya qüvvəsi təsir edir: $\overline{F}$- planet tərəfindən təsir edən cazibə qüvvəsi, $\overline{N}$ – planetin normal reaksiya qüvvəsi,
F= G*Mm*/R^2, haradakı *M* – planetin kütləsi, *m* – cismin kütləsi, R –planetin radiusudur.
Planetin kütləsi : *M*=ρV=(4/3)πR^3ρ,
onda

$$F=G(4/3)\pi R^3\rho m/R^2=G(4/3)\pi R\rho m. \qquad (1)$$

Dinamikanın II qanununa görə : $\overline{m\vec{g}} + \vec{N} = m\vec{a}_n$

Oy oxuna nəzərən skalyar formada yazsaq :

$$F – N = ma_n, \qquad (2)$$

Və ya

$$(4/3)G\pi R\rho m – N = ma_n. \qquad (3)$$

Haradakı N – ekvatorda planet səthinin normal reaksiya qüvvəsidir.
Cismin hərəkətinin iki müxtəlif xüsusi halına baxaq:

1.Cisim qütbdə yerləşir, yəni r=0, onda cismin xətti sürəti $v=2\pi r/T=0$. Uyğun olaraq (3)-dən

$(4/3)G\pi R\rho m - N=0$, buradan

$$N_{\text{п}}=(4/3)G\pi R\rho m, \qquad (4)$$

N_q– qutbdə reaksiya qüvvəsi.

2. Cisim ekvatorda yerləşir. Bu hal üçün r=R və $v=2\pi r/T$. onda (3) tənliyi bu formaya düşər: $(4/3)G\pi R\rho m - N=m(2\pi r)^2/RT^2$, buradan

$$T=\sqrt{\frac{m4\pi^2R}{4\pi G\rho mR/3-N}}\,, \qquad (5)$$

Məsələnin şərtinə görə, $P_{ekv}=P_{qütb}/2$. P=N, onda $N=N_{qütb}/2$, olar,

və ya (4) ü nəzərə alsaq

$$N=(2/3)\,G\pi R\rho m.$$

(6) nı (5)-də nəzərə alsaq: $T=(6\pi/G\rho)^{1/2}\approx 9{,}7.10^3$ s.

- ***Məsələ 2***. *Sıxlığı $\rho=10^{17}$ kq/m^3 olan planetin süni peykinin periodunu tapmalı.*

Verilib: $\rho=10^{17}$ kq/m^3,

Tapmalı: T

Həlli: Keplerin III qanununa görə $T^2=4\pi^2R^3/GM$ burada M planetin kütlədir. $M=4\pi R^3/3$ nəzərə alsaq: $T=\sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$ hesablasaq: $T=1{,}2\ 10^{-3}$s.

- ***Məsələ 3.*** *Yer kürəsinin fırlanması üzərindəki cisimlərə necə təsir edir?*

Verilib: T=1 sutka Yerin öz oxu ətrafında fırlanma periodu, g=9,8 m/san^2 –Yerdə cisimlərin aldığı təcildır.

Taplmalı: Yerdəyişmə

Həlli: Yerin fırlanması nəticəsində ətalət qüvvəsi yaranır, bu qüvvə Yer kürəsi üzərində hərəkət edən cisimlərin hərəkət istiqamətinə təsir edir. Beləki Şimal yarımkürədə axan çaylar sağ sahilləri yuyur (Ber qanunu). F=2mων, Fsinφ=2mωνSinφ. Mərkəzəqaçma təcili $a_m=\omega^2R\cos\varphi$ və a=0,034Cosφ (m/san^2). Yer üçün Şərqə yönəlmiş təcil a=2ωgtCosφ və bu ifadəni ki dəfə ardıcıl inteqrallasaq: S=ωgt^{2}Cosφ/3 alarıq.

- ***Məsələ 4.*** *Yer səthindən hansı yüksəklikdə cazibə qüvvəsi 10% azalar? R=6370 km.*

Verilib: R=6370 km

Tapmalı: H

Həlli: Yer səthində cismə tsir edən cazibə qüvvəsi

$$F_1 = G\frac{mM}{R^2},$$

yer səthindən H yüksəklikdə isə təsir edən qüvvə $F_2 = G\frac{mM}{(R+H)^2}$ olacaq.

Şərtə görə $F_2=0,9F_1$.

Ifadələriyerinə yazıb həll etsək:

$H = (\sqrt{\frac{F_1}{F_2}} - 1)R = 350\ km$ alarıq.

- ***Məsələ 5.*** *Planetlərin hərəkəti üçün aşağıdakı qanunlar ödənir:a) Günəş ətrafında hərəkət edən planetlərin radius vektoru bərabər zaman fasillərində bərabər sahələr cızır. b) Planetlərin günəş ətrafında fırlanma periodlarının kvadratları nisbəti, onların böyük yarımoxlarının kubları nisbti kimidir. Veriliş qanunları isbat edin.*

Verilir: Günəş sistemi *Tapmalı:* $dt_1=dt_2$ $S_1=S_2$, $\frac{T_1{}^2}{T_2{}^2} = \frac{R_1{}^3}{R_2{}^3}$

Həlli: a) Fırlanan cisim üçün impuls momentinin saxlanması qanuna görə $[\vec{r}m\vec{v}] = const.$

$[rv] = const$, planetin radius vektorunun cızdığı sahə elementi

$$dS=\frac{rvSin\alpha dt}{2}$$

buradan

$$\frac{dS}{dt} = \frac{rvSin\alpha}{2} = const.$$

b) Planetlərin hərəkətini ilk variantda təqribən çevrə hesab etsək, onların çevrə üzrə müntəzəm (bərabərsürətli, yəni sürətin modulu sabit qalsın) hərəkəti üçün yaza bilərik:

$\frac{2\pi R}{T} = \sqrt{G\frac{M}{R}}$ kimi planetin sürətini yazsaq, hər tərəfi kvadrata yüksəldərək periodun kvadratını tapın, nisbəti təyin edə bilərik: $\frac{{T_1}^2}{{T_2}^2} = \frac{{R_1}^3}{{R_2}^3}$

- ***Məsələ 6.*** *Düşən cisimlərin Yerin fırlanması nəticəsində şaquldan meylini təyin edin.*

Həlli: Yer kürəsi ilə bağlı sistem ətalət sistemi deyildir. Çünki Yer kürəsi öz oxu ətrafında fırlanmaqla yanaşı həmdə Günəş ətrafında fırlanma hərəkəti icra edir. Sadəlik üçün yalnız Yerin fırlanmasını nəzərə alacağıq. X oxunu verilmiş Yer səthi üzərindəki nöqtəyə toxunan, Z oxu radial olaraq Yer səthinə perpendikulyar olmaqla yuxarı, Y oxu verilmiş X və Z oxlarına perpendikulyar olsun. Başlanğıc halda fərz edkki, maddi nöqtə Yer səthi üzərindədir koordinat başlanğıcı həmin nöqtəyə qoşulmudur. Başlanğıc halda: x=y=z=0, $V_{o,x}=V_{o,y}=V_{o,z}=0$.
Madi nöqtənin hərəkəti üçün diferensial tənlik yazsaq : Yerin fırlanma bucaq sürətini çox kiçik oldugunu nəzərə alsaq (0,000073 san^{-1}):
Tərpənməz koordinat sistemi üçün $V_x=2\omega ySin\varphi$

$V_y=-2\omega(zCos\varphi+xSin\varphi)$

$V_z=-gt+2\omega Cos\varphi$

Tənliklərdə bucaq sürətini nəzərə almasaq (Yerin fırlanmasını nəzərə almırıq),
$V_x=0$, $V_y=0$, $V_z=-gt$ buradan x=0, y=0, $z=-gt^2/2$ alarıq.
Sonuncu tənliklər Yerin fırlanması olmadıqda hərəkət tənliklərini verir. Tənlikləri birgə həll etsək: $V_x=0$

$V_y=\omega gt^2Cos\varphi$

V_z=-gt,
Inteqrallasaq, X=0, Y=(1/3) $\omega g t^3 Cos\varphi$, Z=-$gt^2/2$.
Tənliklərə diqqət versək, şaquli düşən cisim Y oxu üzrə yerdəyişmə icra etdicə: Şaquldan şəqrə doğru meyl edəcəkdir.
Y=(1/3) $\omega g t^3 Cos\varphi$ və bu düşmə müddətinin kubu ilə mütənasibdir.
Məsələn 60 dərəcə en dairəsi üçün 490 m məsafədən düşən cisim t=10 san müddətində y=11,8sm şərqə doğru yerini dəyişir.

- ***Məsələ 7.*** *Yer planetinin fırlanması cismin çəkisinin ekvator ilə qütb üzərində müqayisəsi hansı azalmaya gətirir? Təyyarə hansı v sürəti ilə ekvator boyunca hansı istiqamətdə uçmalıdır ki, bu effekt ona təsir etməsin?*

Həlli. Yerin fırlanması nəticəsində cismin çəkisinin azalması

$$N = m(g-a) = mg\left(1 - \frac{4\pi^2 R}{gT^2}\right)$$

Ekvator və qütbdə cismin çəkilrinin nisbəti

$$\varepsilon = \frac{mg-P}{mg} = \frac{4\pi^2 R}{gT^2} = 3{,}5\cdot 10^{-3} \Rightarrow$$ yəni

$\Rightarrow \delta\varepsilon = 0{,}35\%$ təşkil edəcək.

Təyyarənin aldığı təcil $a = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$

Uyğun olaraq sürəti $v = \frac{4\pi R}{T} = 460$ m/s.

- ***Məsələ 8.*** *Hər hansı planetin cismin qütbdəki çəkisi onun ekvatordakı çəkisindən üç dəfə fərqlənir. Planetin öz oxu ətrafında firlanma periodunun $T = 55$ dəqiqə olduğunu bilərək planetin orta ρ sıxlığını təyin edin.*

Həlli. Qutbdəki çəki cazibə qüvvəsinə görə $\rho_1 = G\dfrac{Mm}{R^2}$, olacaq. Ekvatordakı çəki isə qütbdəki çəkidən azdır:

$$P_2 = P_1 - ma,$$

Şərtə görə $P_1 = 3P_2$,

Planetin kütləsini nəzərə alsaq: $M = \rho\dfrac{4}{3}\pi R^3$,

ekvatordakı nöqtələrin təcili $a = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$,

Onda planetin sıxlığı $\rho = \dfrac{\pi g}{2GT^2} = 19{,}5 \cdot 10^3$ kq/m^3. olar.

- ***Məsələ 9***. *Cismin ekvatorda çəkisiz halda olması üçün planetin öz oxu ətrafında periodunu (sutka dövriyyəsi) artırmaq lazımdır. Sutka necə dəyişməlidirki, ekvatorda olan cisim çəkisiz halda olsun? Bu nöqteyi nəzərdən əlavə nə kimi effektlər meydana çıxa bilər?*

Həlli. Yerin fırlanması nəticəsində yaranan mərkəzdən qaçma təcili yerin verdiyi sərbəstdüşmə təcilinə bərabər olduqda cisimekvatorda çəkisiz halda olacaq. $a = g$,

və $a = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}$, buradan $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{R}{g}}$,

Sutkanın necə dəyişməsini belə tapa bilrik: $n = \dfrac{T_0}{T} = \dfrac{T_0}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{R}}$

burada $T_0 = 24$ saat, nəzərə alsaq alarıq: $T = 5080$ san = 1 saat 25 dəq.

Buradan da: $n = \dfrac{T_0}{T} = 17$ dəfə.

- ***Məsələ 10.*** *Peyk planetdən kiçik hündürlükdə dairəvi orbit üzrə fırlanır. Onun fırlanma periodu* T *-yə bərabərdir. Planetin orta* ρ *sıxlığını təyin etmək üçün bu verilənlər kifayət edir mi?*

Həlli. Kifayət edir. - $\rho = \dfrac{3\pi}{GT^2}$ -yə bərabərdir.Yuxarıdakı məsələnin dusturlarından istifadə edin.

- ***Məsələ 11****. Cismin Yer səthindən h=1 km yüksəklikdə ağırlıq qüvvəsi yer səhtindəki ağırlıq qüvvəsinin hansı hissəsini təşkil edir?*

Verilib h=1 km=1000m, R=6400 km,
Tapmalı: F/Fo

Həlli: Yer səthində agırıq qüvvəsi $F_0 = G\frac{mM}{R^2}$, müəyyən yüksəklikdə isə F= $G\frac{mM}{(R+h)^2}$,
G- qravitasiya sabiti, m cismin, M isə Yerin kütləsidir. Soruşulan nisbət:

$$\frac{F_0 - F}{F_0} = 1 - \frac{F}{F_0} = 1 - \frac{R^2}{(R+h)^2} = 1 - \frac{1}{(1+\frac{h}{R})^2}$$

h$\ll R$ olduğundan,
h/R$\ll 1$ və $(a+b)^n = a^n(1+\frac{b}{a})^n \approx a^n(1+n\frac{b}{a})$
Nəticədə $\frac{F_0-F}{F_0} = 1-(1-2\text{h/R})$=2h/R$\approx 3.10^{-4}$

Əl-Bəttani (859 - 929) Riyaziyyat sahəsində böyük nailiyyətlər əldə etmiş mütəfəkkirlərdən biri. Bu alim triqonometriyanın əsasını qoymuşdur. Triqonometrik funksiyaların köməyi ilə Hipparx və Ptolomeyə nisbətən daha dəqiq astronomik müşahidələr aparmışdır. Ay orbitinin böyük oxunun hərəkət etdiyini tapmışdır.

Riyaziyyat, astronomiya və coğrafiya alimi Bəttaninin, xüsusilə astronomiya sahəsində bir çox əhəmiyyətli kəşfləri var. Qərbdə «Albategnius» kimi tanınan Bəttani bu gün belə dünyanın ən məşhur 20 astronomundan biri kimi qəbul edilir. Bəttani 877-ci ildə qurduğu rəsədxanada Günəş, Ay və planetlərin hərəkətlərini tədqiq etmiş, bu müşahidələrin hamısını «Zic-i sabi» adlı astronomiya kataloqunda toplamışdır. Sözügedən katalaoq bu mövzuda yazılmış ən böyük və hərtərəflli əsərdir.

Məşhur astronom özündən beş əsr sonra yaşamış Kopernikin 230 35' kimi hesabladığı Yerin ekliptik mailliliyini 230 kimi hesablamış, dövrümüzdə məlum olan bucaq qiymətini yarım dəqiqəlik bir fərqlə müəyyən etməyi bacarmışdır. Bundan başqa, bir Günəş ilinin 365 gün, 5 saat, 46 dəqiqə və 24 saniyədən ibarət olduğunu tapmışdır. Bu kəşf dövrümüzün hesablamalarına son dərəcə yaxındır. Günəşin təpə nöqtəsindəki uzunluq dairəsinin Ptolomeyin kəşfindən bəri 160 47' artdığını da kəşf etmişdir. Bu nəticə Günəşin orbit hərəkətlərini və bərabər zamanlılıqda kiçik fərqlərin meydana gəldiyini göstərən əhəmiyyətli kəşfdir.

Riyaziyyat sahəsində yunan xordası əvəzinə sinuslardan istifadə edən ilk şəxsdir. Yeni triqonometriyanın həqiqi banisi kimi qəbul edilən Bəttani fəaliyyətlərində sferik triqonometriya sahəsində ixtisaslaşmış, düz bucaqları tədqiq edərək sinus, kosinus, tangens, kotangens, sekant və kosekant anlayışlarını ortaya qoymuşdur. Astronomiya və triqonometriya ilə bağlı çoxlu əsərləri var. Astronomiya sahəsindəki fəaliyyətləri İntibaha qədər Avropada iz qoymuş, astronomiya və triqonometriyadakı kəşfləri bu elmlərin inkişafına kömək etmişdir.

Əsərləri latın dilinə tərcümə edilən ilk müsəlman alimlərindən sayılan Bəttani elmi fəaliyyətlərini əsl məqsədini bu əsas üzərində qurmuşdur: *«İnsan Alalhın (cc) varlığını, birliyini, qüdrətini və əsərlərinin mükəmməlliyini başda astronomiya olmaqla, elmlərin vasitəsilə öyrənə bilər. Məsələn, bu görünən ulduzlar, üstündə yaşadığımız bu Yer və Yerin hərəkətləri Allahın (cc) varlıq və birliyinin açıq dəlilidir».*

❖ *Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.*

6.1.. Peykin Yer səthindən orta yüksəkliyi 1700 km dir. Peykin sürətini və periodunu tapın.
6.2.. Ay səthində yerləşən kütləsi 1 kq olan cismə Yer tərəfindən təsir edən cazibə qüvvəsini təyin edin. Yer və Ayın mərkəzləri arasında məsafə 384000 km-dır.
6.3. Peyk Yerin bir tam dövrü müddətində 16 dövr edir. Orbiti dairəvi hesab edərək, peykin periodunu, yerdən yüksəkliyini və sürətini təyin edin.
6.3. Peykin uçuş yüksəkliyi artdıqca, sürəti 7,79 km/s-dən 7,36 km/s-ə kimi azalır. Periodun və yerdən yüksəkliyin nə qədər dəyişdiyini təyin edin.
6.4. Planeti sıxlığı ρ olan bircins kürə təsəvvür edərək, səthinə yaxın fırlanan peykin periodunu tapın.
6.5. Süni peyki Yer qütbündən v sürəti ilə dairəvi orbitə çıxardılar. Peykdən yer səthinə qədər məsafəni tapmalı.
6.6. Peyk Yerin ekvator müstəvisində fırlanır və müəyyən obyekt üzərində hər τ=11,6 saat periodla görünür. Orbitin radiusunun $R=2x10^4$ km olduğunu bilərək Yerin kütləsini təyin edin.
6.7*. Yeri kürə formada hesab edərək ağırlıq qüvvəsi təcilinin coğrafi enlikdən asılılığını təyin edin. g –ni qütb, ekvator və Bakı en dairəsi üçün hesablayın.
6.8* Yer səthindən h dərinlkdə g –cazibə sahəsinin intensivliyini təyin edin. Hansı dərinlikdə sərbəstdüşmə təcili yer səthindəkinə nəzərən onun 0,3 hissəsini təşkil edəcəkdir. Yerin sıxlığını sabit hesab etməli. Cisimdən yuxarıda yerləşən laylar tərəfindən cazibə olmasını nəzərə almayın.
6.9. Yer Günəş ətrafında nə vaxt daha sürətlə fırlanır: (şimal yarımkürə üçün) yayda ya qışda?
6.10. Ayın Günəş tərəfindən cəzbetmə qüvvəsi Ayın Yerlə cəzbetmə qüvvəsindən təqribən 2 dəfə böyükdür. Bəs nə üçün Ay Yerin təbii peykidir? Müstəqil planet deyil?
6.11. Peyki elə sürətlə buraxmaq olar ki, o müəyyən bir məntəqə üzərində həmişə görünsün?

6.12. Peyk Yerin mərkəzindən keçməyən müstəvi üzərində dayanıqlı dövr edə bilərmi?

6.13. Yer kürəsinin kütləsini və sıxlığını təyin edin. Yerin radiusu R=6400 km, üzərində sərbəstdüşmə təcili g=9,8 m/s^2-dır.

6.14. Yerin radiusuna nəzərən çox kiçik yüksəkliklərdə sərbəstdüşmə təcilinin verilmiş təqribi dusturla hesablandığını isbat edin: g_0- Yer səthində sərbəstdüşmə təcili, h -kilometrlərlə təyin olunan yüksəklikdir.$g \approx g_0(1 - \frac{2h}{R}) \approx g_0(1 - 0{,}00314h)$

❖ *7. Mexanikada saxlanma qanunları.*

Əsas fiziki anlayış və kəmiyyətlər

1. Cismin impulsu: $\vec{p} = m\vec{\upsilon}$

2. $\vec{F}dt = d\vec{p}$ – təsir edən qüvvənin impulsu cismin impulsunun dəyişməsinə bərabərdir.

3. İmpulsun saxlanma qanunu $\sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i = c\ o$, və ya $\sum_{i=1}^{N} m_i \vec{\upsilon}_i = const.$ burada N – sistemə daxil olan maddi nöqtələrin (cisimlərin) sayıdır. İmpulsun saxlanma qanunu yalnız aşağıdakı hallarda ödənilir:

a) cisimlərin qapalı sistemi üçün,

b) qapalı olmayan, amma $\sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i = 0$,

c) əgər qarşılıqlı təsir müddəti çox kiçik olarsa.

4. Sabit F qüvvəsinin təsiri ilə S yerdəyişməsi icra olunarsa görülən iş:

$$A = \int_s (\vec{F}d\vec{s}) = \int_s F_s ds$$

burada F_s – qüvvənin yerdəyişmə istiqamətdə proyeksiyası, inteqrallama isə bütün trayektoriya üzrə aparılır.

Xüsusi halda qüvvə və yerdəyişmə arasında bucaq dəyişmədiyi hal da sabit qüvvə üçün: $A=F\ s\cos\alpha$, haradakı α - F ilə S arasında bucaqdır.

5. Güc $N=dA/dt$, və ya $N = F\,\upsilon\cos\alpha$,

burada dA – dt müddətində görülən işdir.

6. Maddi nöqtənin (və ya irəliləmə hərəkəti edən cismin) kinetik enerjisi $E_к=m\upsilon^2/2$,

və ya $E= p^2/2m$, $(A_F= \Delta E_K)$

7. Bir cismin və ya hissələrinin qarşılıqlı təsir enerjisi - Potensial enerji

a) elastik deformasiya olunmuş (sıxılmış və ya dartılmış) cismin potensial enerjisi

$$E_{pot}=kx^2/2.$$

b) bircins ağırlıq qüvvəsi sahəsində cismin potensial enerjisi $E_{pot}=mgh$,
burada h – potensial enerjinin sıfır qiyməti hesablanan səviyyədn olan yüksəklik. Bu dustur h<<R şərti daxilində doğrudur. burada R – Yerin radiusudur;
c) bir birindən r məsafədə yerləşmiş, kütlələri m_1 və m_2 olan maddi nöqtələrin (cisimlərin) arasında qravitasiya qarşılıqlı təsir potensial enerjisi

$$E_{pot} = -Gm_1m_2/r. \qquad (A_F= -\Delta E_n)$$

8. Tam mexaniki enerji $E=E_к + E_{pot}$.
9. Tam mexaniki enerjinin saxlanması qanunu $E=const$ və ya $\Delta E=0$;
Bu qanun cisimlərin qapalı sistemi üçün ödənilir. Əgət system qapalı olmazsa, onda

$$\Delta E=A.$$

- ***Məsələ həllinə nümunələr.***

➢ ***Məsələ 1.*** *Yer səthindən şaquli yuxarı 5 km/s sürətlə peyk buraxılır. Peyk hansı hündürlüyə qalxar?*

Verilib: $v_0=5000m/s$, $R_{Yer}=6.4\cdot10^6$*м*
Tapmalı: h=?

Həlli: Peykə cazibə qüvvəsi ilə hesablanan qravitasiya qüvvəsi təsir edir:

$$F=\gamma\frac{M_3 m}{r^2},$$

burada m – peykin kütləsi, M_Y – Yerin kütləsi, $r=R_{Yer}+h$ –Yerin mərkəzindən olan məsafədir. Peykin ixtiyarı dr yerdəyişməsi zamanı görülən iş dA=Fdr olacaq. Yer səthindən h yüksəkliyə qalxmaq üçün görülən tam iş isə inteqralla təyin olunacaq:

$$A=\int_{R_3}^{r}Fdr=\int_{R_P}^{r}\gamma\frac{M_3 m}{r^2}dr=-\gamma\frac{M_3 m}{r}\bigg|_{R_3}^{r}=\gamma\cdot M_3 m\left(\frac{1}{R_3}-\frac{1}{r}\right).$$

Budara γ- cazibə sabitidir. Kinetik enerji haqqinda teoremə əsasən görülən iş kinetik enerjinin dəyişməsinə bərabərdir:

$$\frac{mv_0^2}{2}=A.$$

Bu halda:

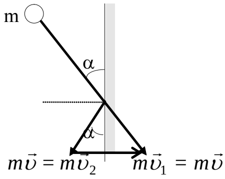
$$\frac{mv_0^2}{2}=\gamma M_3 m\left(\frac{1}{R_3}-\frac{1}{r}\right).$$

$r=R_{Yer}+h$ nəzərə alsaq, alarıq:

$$h=\frac{R_3}{\dfrac{2gR_3}{v_0^2}-1}=1.59\text{км}.$$

Burada $g=\gamma M_{yer}/R^2_{yer}$ - Yer səthində sərbəstdüşmə təcilidir.

➢ ***Məsələ 2.*** *Kütləsi m olan kürə υ sürəti ilə hərəkət edərək şaquli divara α bucağı altında elastiki zərbə vurur. Divarın aldığı qüvvə impulsunu tapın.*



Verilib: m, υ, α.
Tapmalı: $F\Delta t$ - ?

Həlli. Kürənin impulsunun dəyişməsi qüvvə impulsuna bərabərdir: $\vec{F}\Delta t = m\vec{\upsilon}_2 - m\vec{\upsilon}_1$.
Şəkildən $F\Delta t = 2m\upsilon \sin\alpha$

➢ ***Məsələ 3.*** *Rels üzərində kütləsi 10 ton olan platforma sükunətdədir. Platformaya rels boyu mərmi atan kütləsi 5 ton top bərkidilmişdir. Mərminin kütləsi 100 kq, sürəti isə 500 m/s-dir. 1) Platformanın ilk halda durdugunu 2) platforma atəşin aşılacağı istiqamətdə 18 km/saat sürətlə hərəkət etdiyini 3) platforma topun atəş açacağı istiqamətin əksinə hərəkət etdiyini bilərək birinci atəşdən sonra platformanın sürətini təyin edin.*

Verilib: $m_1=10^4$*kq;* $m_2=5.10^3$ *kq;* $m_3=100$ *kq;* $\upsilon_o=500$ *m/s;* $\upsilon_1=5$ *m/s.*
Tapmalı: υ_x *- ?*

Həlli. 1) Platformanın sükunətdə olduğu halda mərminin yerə nəzərən sürəti onun topa nəzərən sürətinə bərabər olacaq. İmpulsun saxlanma qanuna görə yaza bilərik:

$$(m_1+m_2+m_3)\upsilon_1 = m_3\upsilon_o+(m_1+m_2)\,\upsilon_x.$$

Baxılan halda $v_1=0$. Onda
$\upsilon_x=- m_3\upsilon_o/(m_1+m_2)=-3{,}33$ *m/san=–12 km/saat.*
Mənfi işarəsi platformanın atəşdən sonra mərminin atıldığı istiqamətin əksinə hərəkət etdiyini göstərir. Mərminin sürəti müsbət $v_o>0$, olarsa $v_x<0$,

2) Əgər mərmi platformanın hərəkət istiqamətində atılarsa, mərminin ilk sürəti yerə nəzərən $v_2=v_1+v_o$ kimi tapılacaqdır. Və impulsun saxlanma qanununa görə

$$(m_1+m_2+m_3)\ \upsilon_1= m_3\,(\upsilon_o+\upsilon_1) +(m_1+m_2)\ \upsilon_x,$$

buradan

$\upsilon_x=\{(m_1+m_2+m_3)v_1- m_3\,(v_o+v_1)\}/\ (m_1+m_2)$=1,67 m/san=6 km/saat.

Qeyd edəkki, $v_x>0$ olması onu göstərirki, platforma atəşdən sonrada əvvəlki istiqamətdə hərəkət edir, lakin sürətini azaltmışdır.

- ***Məsələ 4**. Hündürlüyü 1 m, uzunluğu 10 m olan mail müstəvi üzərində 1kq kütləli cisim sürüşür. 1) müstəvinin sonunda cismin kinetik enerjisini 2)müstəvinin sonunda cismin sürətini 3)cismin getdiyi üfüqi tormoz yolunun uzunluğunu təyin edin. Bütün yolda sürtünmə əmsalı 0,05 olub eynidir.*

Verilib: $h=1$ m, $l=10$ m, $m= 1$ kq $\mu=0{,}05$.

Tapmalı: E - ? υ- ? s - ?

Həlli. Sürtünmə qüvvəsi F olsun. Cismin mail müstəvidə aşağı sürüşməsi zamanı potensial enerjisi kinetik enerjiyə və sürtünmə qüvvəsinə qarşı sərf olan işə çevrilir. $mgh=mv^2/2 + Fl$. Düzbucaqlı üçbucağın xassələrinə görə

$h=l\sin\alpha$, $F=\mu mg\cos\alpha$, burada α- mail müstəvinin meyl bucağıdır.

$E= m\upsilon^2/2=mgh- Fl =mgl(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$.

Məsələnin şərtinə görə $\sin\alpha=h/l=0{,}1$, buradan $\alpha=5^o44'$, uyğun olaraq, $\cos\alpha=0{,}995$. Ədədi qiymətləri yerinə yazıb hesablasaq, alarıq: E=4,9 C.

2) $\upsilon=\sqrt{\dfrac{2E}{g}}$ =3,1 m/s.

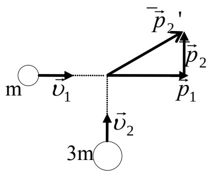
3) Mail müstəvidən sonra cismin üfüqi yolda tormozlanması sürtünmə qüvvəsi hesabına baş verir. Bu zaman sürtünmə qüvvəsinin işi cismin kinetik enerji dəyişməsinə bərabər olana kimi hərəkət davam edir.

E=FS =μmgS, buradan S=E/μmg=10 m.

➢ ***Məsələ 5.*** *Kütlələri m və 3m olan cisimlər qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətdə hərəkət edir. (şəkil). Toqquşmadan sonra m kütləli cisim dayanmışdır. Onun enerjisi toqquşmada istilik formasında ayrılan enerjinin hansı hissısini təşkil edir? .*

Verilib: m, 3m, $\upsilon_1'=0$.
Tapmalı: $Q/E_{к1}$ - ?

Həlli. Toqqumşa müddəti çox kiçik olduğundan impulsun saxlanması qanuna görə $\text{ð}_1 + \text{ð}_2 = \text{ð}_1' + \text{ð}_2'$ haradakı $\text{ð}_1 = m\vec{\upsilon}_1$, $\text{ð}_2 = 3m\vec{\upsilon}_2$. Lakin $p_1'=0$, m kütləli cismin son sürəti sıfırdır. $\upsilon_1'=0$, ona görədə $\text{ð}_1 + \text{ð}_2 = \text{ð}_2'$. Şəkildən göründüyü kimi



$p_2' = \sqrt{m^2\upsilon_1^2 + 9m^2\upsilon_2^2} = m\sqrt{\upsilon_1^2 + 9\upsilon_2^2}$. (1)

Toqquşmaya qədər cisimlərin kinetik enerisi cəmi

$$E_к = m\upsilon_1^2/2 + 3m\upsilon_2^2/2.$$

Toqquşmadan sonra 3m kütləli cismin kinetik enerjisi

$$E_к' = (p_2')^2/(2\cdot 3m) = m(\upsilon_1^2 + 9\upsilon_2^2)/6 = m\upsilon_1^2/6 + 3m\upsilon_2^2/2.$$

Enerji itgisi- hansıki toqquşmada istilik enerjisinə çevrilir:

$$Q = E_к - E_к' = m\upsilon_1^2/3.$$

onda $Q/E_{к1} = 2m\upsilon_1^2/3m\upsilon_1^2 = 2/3$,

Birinci cismin kinetik enerjisinin 2/3 hissəsi istilik enerjisinə çevrilmişdir.

- ***Məsələ 6.*** *Kütləsi 100 kq olan dirəyi 300 kq-lıq yük vasitəsi ilə torpağa vurulur. Yük 4 m yüksəklikdən sərbəst buraxılır. Hər zərbədən sonra 10 sm aşağı düşür. Torpağın müqavimət qüvvəsini sabit hesab edərək onu hesablayın. Yükün zərbələri mütləq qeyrielastikdir.*

Verilib: $m_1=300$ *kq,* $m_2=100$ *kq,* $H=4$ *m,* $h=0{,}1$ *m*

Tapmalı: F_c - ?

Həlli. Yükün düşməsi zamanı onun potensial enerjisi kinetik enerjiyə çevrilir:: $m_1\upsilon_1^2/2=m_1gH$. Yükün dirəyə zərbə zamanı malik olacağı sürət $\upsilon_1=(2gh)^{1/2}$. Yükün zərbəsi qeyrielastikdir. Impulsun saxlanması qanununa görə $m_1\upsilon_1=(m_1+m_2)\upsilon_2$. Buradan $\upsilon_2=m_1\upsilon_1/(m_1+m_2)$. Dirəyin hərəkəti zamanı torpağın müqavimət qüvvəsi təsir edir: sistem qapalı deyil. Bu halda enerji fərqi müqavimət qüvvəsinin işinə bərabər olacaqdır. $\Delta E=A_F$;

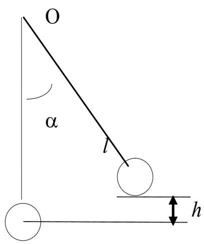
$\Delta E= -(m_1+m_2)gh-(m_1+m_2)\upsilon_2^2/2,$

Haradakı $A_F=-Fh$ – müqavimət qüvvəsinin işidir.

Bu halda

$F=(m_1+m_2)(g+\upsilon_2^2/(2h))=(m_1+m_2)g[1+m_1^2H/(h(m_1+m_2)^2)].$

$F=94.10^3$N=94 kN.



- ***Məsələ 7.*** *Kütləsi 1 kq olan plitə aşağıdan sərtliyi 980 N/m olan yay vasitəsi ilə stol üzərinə bərkidilmişdir. Plitə şaquli hərəkət edə bilir. Müəyyən yüksəklikdən plitə üzərinə kütləsi 0,5 kq olan yük buraxılır. Zərbə anında yükün 5 m/san sürətə malik olduğunu bilərək, yayın maksimal sıxılmasını tapın. Zərbə qeyrielastikdir.*

Verilib: $m_1=0{,}5$ *кг,* $m_2=1$ *кг,* $k=9{,}8.10^{2N}/m$*,* $v_1=5m/s$.

Tapmalı: x - ?

Həlli. Verilmiş sistemdə yalnız ağırlıq qüvvəsi və elastiki qüvvə təsir göstərdiyindən sistem qapalıdır və enerjinin saxlanma qanununu tətbiq etmək olar. Zərbədən sonra plitə və yükün tam mexaniki enerjisi sıxılmış yayın potensial enerjisinə bərabərdir:

$$(m_1+m_2)\upsilon_2^2/2 + (m_1+m_2)gx = kx^2/2\ , \qquad (1)$$

v_2 – yükün və plitənin zərbədən sonrakı sürətləridir. İmpulsun saxlanma qanuna görə bu sürtitapa bilərik:

$$m_1\upsilon_1=(m_1+m_2)\upsilon_2.$$

Buradan $\upsilon_2 = m_1\upsilon_1/(m_1+m_2)$.

Alınan ifadələri (1) də yerinə yazsaq:

$$kx^2–2g(m_1+m_2)x – m_1^2\upsilon_1^2/(m_1+m_2)=0.$$

Tənliyi həll edərək alarıq: $x=8,2.10^{-2}$m=8,2 sm.

- ***Məsələ 8.*** *Kütləsi 1 kq olan yük ipdən asılmiş və ip şaquldan 30^o. meyl etdirilərək buraxılır. Tarazlıq vəziyyətindən keçən anda ipdəki gərilmə qüvvəsini təyin edin.*

Verilib: $m=1$ kq, $\alpha=30^o$
Tapmalı: T - ?

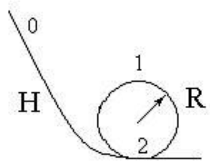
Həlli. Rəqqasın tarazlıq vəziyyətindən keçən anda ipdə yaranan gərilmə qüvvəsi T olsun: $T=mg+mv^2/l$.
Enerjinin saxlanma qanununa görə müəyyən qədər qaldırılmışcismin potensial enerjisi var və buraxıılmıqda bu enerji kinetik enerjiyə çevriləcəkdir. $mgh = m\upsilon^2/2$, buradan $\upsilon=\sqrt{2gh}$.
Şəkildən:

$$h= l - l\cos\alpha= l(1 - \cos\alpha).\ \text{Onda}$$

$$m\upsilon^2/l=m2gh/l=2\,mg(1–\cos\alpha)\ \text{və}$$

$$T=mg\,[1+2\,mg(1 - \cos\alpha)]=12,4\ N.$$

- ***Məsələ 9.*** *Cismi hansı minimal yüksəklikdən buraxmaq lazımdirki, "ölü ilgəyi" keçə bilsin? "Ölü ilgəyin" aşağı və yuxarı nöqtələrində təzyiq qüvvələrini təyin edin.*



Verilib:R -ilgəyin radiusu
Tapmalı: N_1, N_2, H

Həlli: Dinamikanın II qanuna görə ma=mg+N

yuxarı nöqtə üçün: $m\frac{v_1^2}{R} = mg + N_1 \geq mg$ yuxarı nöqtədə minimal kinetik enerji $m\frac{v_{1\min}^2}{2} = \frac{1}{2}mgR$,

bu hal üçün enerjinin saxlanması qanunu:

$$mgH_{\min} = mg2R + \frac{mv_{1\min}^2}{2} = \frac{5}{2}mgR \Rightarrow H_{\min} = \frac{5}{2}R$$

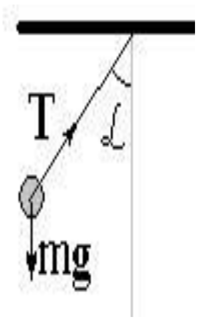
İlgəyin aşağı nöqtəsindən keçdikdə

$$m\frac{v_2^2}{R} = -mg + N_2 \Rightarrow N_2 = mg + m\frac{v_2^2}{R}$$

Bu nöqtə üçün enerjinin saxlanma qanununu tətbiq etsək,

$$m\frac{v_2^2}{2} = mgH = \frac{5}{2}mgR \Rightarrow m\frac{v_2^2}{R} = 5mg$$

Alarıq $N_2 = 6mg \Rightarrow \frac{N_2}{mg} = 6$.



➢ ***Məsələ 10.*** *Çəkisiz uzanmayaq, uzunluğu L olan ipdən asılım yük üfüqi vəziyyətə gətirilir və sərbəst buraxılır. Tarazlıq nöqtəsindən keçdikdə sürəti u olur. Ipdə yarana bilən maksimal gərilmə qüvvəsini təyin edin*

Verilib: L,u   Tapmalı: T

Həlli: Dinamikanın II qanunu tətbiq edək:

$$m\mathbf{a} = m\mathbf{g} + \mathbf{T} \Rightarrow$$

$$m\frac{v^2}{L} = -mg \cdot \cos\alpha + T$$.

Verilmiş nöqtədə yükün sürəti enerjinin saxlanma qanunu ilə təyin olunacaqdır:

$$mgL = \frac{mv^2}{2} + mgL\cdot(1-\cos\alpha) \Rightarrow$$

$$m\frac{v^2}{L} = 2mg\cdot\cos\alpha$$

İp şaqulla bucaq əmələ gətirdikdə gərilmə qüvvəsi

$$T = m\frac{v^2}{L} + mg\cdot\cos\alpha = 3mg\cdot\cos\alpha$$

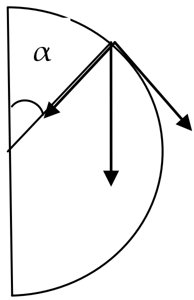
Buradan ipin qırılmasına uyğun olan bucaq

$$\cos\alpha_0 = \frac{u}{v} = \frac{u}{\sqrt{2gL\cos\alpha_0}} \Rightarrow \cos\alpha_0 = \sqrt[3]{\frac{u^2}{2gL}}$$

Nəticədə gərilmə qüvvəsi:

$$T_{MAX} = 3mg\cdot\sqrt[3]{\frac{u^2}{2gL}}$$

- ***Məsələ 10.*** *Uzunluğu l (l=1m) olan nazik ipdən asılmış kürə şaquli vəziyyətdən 90^0 meyl etdirilir və V_0 sürəti ilə təkanla buraxılır. Nəticədə ip şaquldan $\alpha=60^0$ bucaq əmələ gətirdiyi anda qırılır. İp ilk vəziyyətdən sərbəst buraxılsa idi, ən aşağı nöqtədə qırılacağını bilərək, V_0 – təkan sürətini tapmalı.*



Verilib: α, l   Tapmalı :V_0

Həlli: İpin şaqulla α bucağı əmələ gətirdiyi halda gərilmə qüvvəsi

$$T = mgCos\alpha + \frac{mv^2}{l}$$

Enerjinin saxlanma qanuna görə

$$\frac{mv_0{}^2}{2} + mgl = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

Buradan $v^2 = 2g(l-h) + v_0{}^2$

X=l-h və *x=lCosα* nəzərə alsaq

$$T = 3mgCos\alpha + \frac{m{v_0}^2}{2}$$

Kürə təkansız buraxılmıqda ən aşağı nöqtədə

$$T = mg + \frac{m{v_1}^2}{2}$$

Enerjininn saxlanma qanununa görə $v_1 = \sqrt{2gl}$ nəticədə T=3mg buradanda

$$v_0 = \sqrt{3gl(1 - Cos\alpha)}$$

Hesablasaq 3,8 m/s alarıq.

- ***Məsələ 11.*** *Cisim Radiusu R olan kürənin yuxarı nöqtəsindən asağı sürüşür. Təpədən hansı məsafədə cisim kürədən ayrılaraq düşəcəkdir?*

Verilib R

Tapmalı H

Həlli: Ağırlıq qüvəsini iki toplanana ayıraq: Səthə toxunan və mərkəzə yönəlmiş toplananlara ayrılmış hal üçün:

$$\frac{v^2}{R} = gCos\alpha$$

Enerjinin saxlanma qanununu nəzərə alsaq:

$$\frac{mv^2}{2} = mgR(1 - Cos\alpha)$$

buradan Cosα=2/3 nəticədə cisim kürənin təpə nöqtəsindən h=R/3 məsafədə aşağıdan kürə səthindən ayrılacaq.

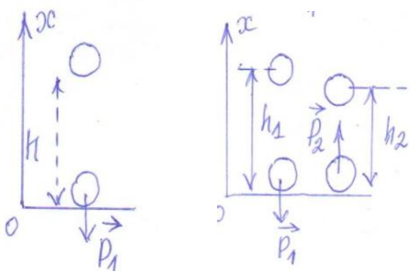
- ***Məsələ 12***. *Hamar stol üzərində uzanmayan ipin uclarına bağlanmış m və M kütləli cisimlər hərəkət edir. Müəyyən anda m kütləli cisim dayandı. Bu zaman M kütləli cismin sürəti ipə perpendikulyar istiqamətdə yönəlmiş oldu. İpin gərilmə qüvvəsini təyin edin.*

Verilib: m,M *Tapmali:T*

Həlli: Şərtdən belə görünürki, cisimlər iki hərəkətdə iştirak edir. İrəliləmə hərəkəti və kütlə mərkəzi atrafında fırlanma hərəkəti icra edirlər. m kütləli cismə görə kütlə mərkəzi x(m+M)=ML, buradan x=ML/(m+M), ikinci cismə kütlə mərkəzindən X=L-x

məsafədə yerləşəcəkdir. M cisminin sürəti V olduqda, m kütləli cisim dayanmış olur. V*km* – kütlə mərkəzinin sürəti olarsa, V*km*+ωX=V, V*km*-*ωx*=0 buradan xm=XM və V*km*=mV/(m+M)
Nəhayət gərilmə qüvvəsi $T=mV^2_{km}/x$

$$T=\frac{mMv^2}{(m+M)L}.$$

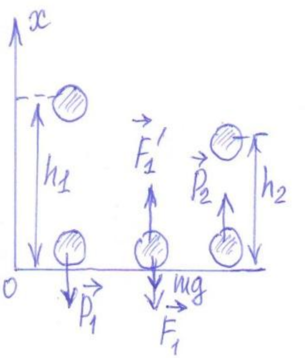


- ***Məsələ 13.*** *Kütləsi m olan kürə h yüksəklikdən Yerə düşür. Havanın müqavimətini nəzərə almadan, kürənin Yerə dəydikdə müxtəlif hallar üçün onun impuls dəyişməsini təyin edin.*
Verilib: m, h,
Tapmalı: dP

Həlli. 1.Kürənin Yerə düşdüyü zaman impulsu $\vec{p}_1 = m\vec{\upsilon}$. Kürənin impulsun dəyişməsi $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$. Şərtə görə kürə Yerə dəydikdən sonra dayanır onda $p_2 = 0$. Bu halda OX oxu üzrə proyeksiyada impulsun dəyişməsinin yazsaq:

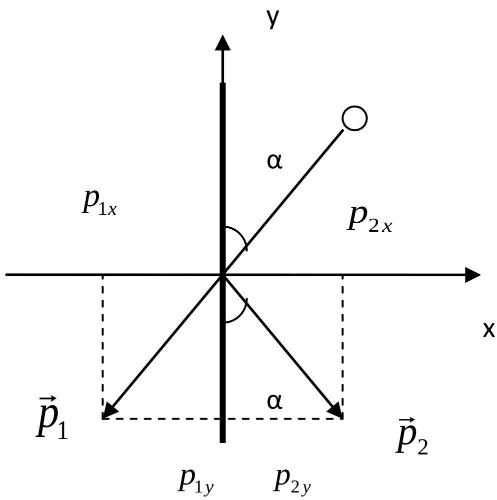
$$\Delta p_x = 0-(-p_1) = m\upsilon = m\sqrt{2gh}.$$

alarıq.



2. Məsələnin şərtini dəyişək: Kürə h_1 yüksəklikdən hamar səth üzərinə düşür və sıçrayaraq h_2 yüksəkliyinə qalxır. Bu hal üçün impulsun dəyişməsini və Δt qarşılıqlı təsir müddətində orta təsir qüvvəsini təyin edək.

İmpulsun dəyişməsi $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$. Beləki $\vec{p}_1 = m\vec{\upsilon}_1$, $\vec{p}_2 = m\vec{\upsilon}_2$, onda $\Delta\vec{p} = m\vec{\upsilon}_2 - m\vec{\upsilon}_1$. OX oxu üzrə proyeksiyalarda: $\Delta p = m\upsilon_2 - (-m\upsilon_1) = m(\upsilon_2 + \upsilon_1) = m\left(\sqrt{2gh_2} + \sqrt{2gh_1}\right)$. əgər kürənin yerlə toqquşması mütləqelastiki baş verirsə, onda $\upsilon_2 = \upsilon_1 = \upsilon$, $h_2 = h_1 = h$. Uyğun olaraq $\upsilon = \sqrt{2gh}$ və impulsun dəyişməsi $\Delta p = 2m\upsilon = 2m\sqrt{2gh}$.



Kürənin səthə orta təsir qüvvəsini təyin etmək üçün əgər qarşılıqlı təsir müddəti Δt olarsa, onda dinamikanın əsas tənliyini impulsa görə yazsaq: $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \left\langle \vec{F} \right\rangle \Delta t$, haradakı $\left\langle \vec{F} \right\rangle$ – Δt təsir müddətində orta qüvvədir.

Dinamikanın II qanuna görə kürənin səthə təsir qüvvəsi səthin küreyə təsir qüvvəsinə bərabər olacaq. $\left\langle F_1^{/} \right\rangle = \left\langle F_1 \right\rangle$, və təsir qüvvəsinin əksinə yönələcərdir. Bu $\left\langle F_1^{/} \right\rangle$ qüvvəsindən başqa küreyə ağırlıq qüvvəsidə təsir edir. $m\vec{g}$. Kürənin impulsu bu iki qüvvənin təsiri ilə dəyişəcəkdir. $\left\langle F_1^{/} \right\rangle$ və $m\vec{g}$, bu halda:

$\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \left(\left\langle \vec{F}_1^{/} \right\rangle + m\vec{g}\right)\Delta t.$ verilmiş Ox oxu üzrə proyeksiyada yazsaq, $\Delta p = p_2 + p_1 = \left(\left\langle F_1^{/} \right\rangle - mg\right)\Delta t$,

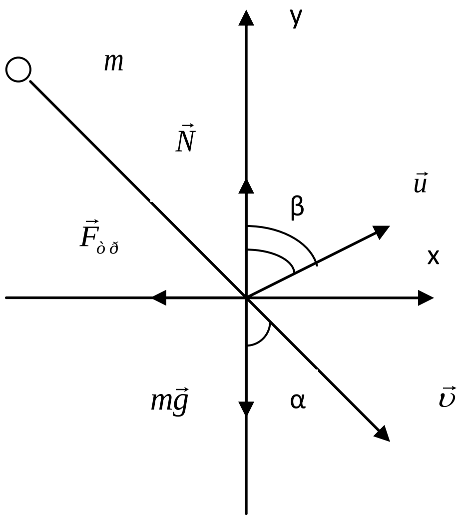
və $\upsilon = \sqrt{2gh}$ nəzərə alsaq:

$$\Delta p = m\left(\sqrt{2gh_2} + \sqrt{2dh_1}\right) = \left(\left\langle F_1^{/} \right\rangle - mg\right)\Delta t.$$

Səth tərəfindən kürəyə təsir edən qüvvə:

$$F_1^{/} = \frac{m\left(\sqrt{2gh_2} + \sqrt{2gh_1}\right)}{\Delta t} + mg.$$ olacaq.

- ***Məsələ 14***. *m kütləli kürə divar səthinə α bucağı altında divara elastiki zərbə vurur. Divara zərbə anında sürətin υ , zərbə müddətinin Δt olduğunu bilərək divarın kürəyə orta təsir qüvvəsini təyin edin. Sürtünməni nəzərə almayın.*



Verilib: α , υ , Δt .
Tapmalı: F

Həlli: Dinamikanın əsas qanununu impuls formasında yazsaq verilmiş oxlara görə proyeksyalar :

Oy: $m\upsilon_2 \cos\alpha - m\upsilon_1 \cos\alpha = \Delta p_y$, beləki $\upsilon_1 = \upsilon_2 = \upsilon$, то $\Delta p_y = 0$, uyğun olaraq $\left\langle F_y \right\rangle = 0$.

Ox: $m\upsilon_2 \sin\alpha + m\upsilon_1 \sin\alpha = F_x \Delta t$ və ya nəzərə alsaqki, $\upsilon_1 = \upsilon_2 = \upsilon$ onda $2m\upsilon \sin\alpha = \langle F \rangle \Delta t$. Kürəyə təsir edən orta təsir qüvvəsi: $\langle F \rangle = \dfrac{2m\upsilon \sin\alpha}{\Delta t}$.

- ***Məsələ 15***. *Kürə hamar olmayaq səthə normalla α bucağı altında υ sürəti ilə düşür vənormalla β bucağı altında qayıdır. Sürətin azalma əmsalı k=40% təşkil edir. Kürənin səthlə toqquşma müddəti Δt-dir. Kürənin səthlə sürtünmə əmsalını təyin edin.*

Həlli: Dinamikanın II qanununa görə yaza bilərik: $m\vec{u} - m\vec{\upsilon} = \left(\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{òð}\right)\Delta t$.

Yazılan ifadəni oxlar üzrə proyeksiyalarda yazsaq:

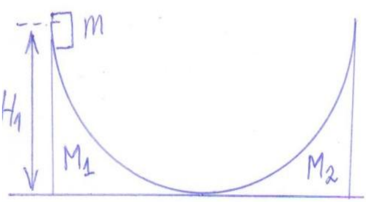
OX: $muSin\beta - mvSin\alpha = -F_{sürt}\Delta t$ (1)

OY: $mu\cos\beta - (-m\upsilon\cos\alpha) = (N - mg)\Delta t (2)$.

Nəzərə alsaqki, sürtünm qüvvsi $F_{sürt} = \mu N$ və sürət $u = (1-k)\upsilon = 0,6\upsilon$, onda (2)-dən alarıq $N = \dfrac{m\upsilon(0,6\cos\beta + \cos\alpha)}{\Delta t} + mg (3)$. (3) ifadəsini (1)-də nəzərə alsaq:

$$m\upsilon(0,6\sin\beta - \sin\alpha) = -\mu\left(\frac{m\upsilon(0,6\cos\beta + \cos\alpha)}{\Delta t} + mg\right).$$

Buradan $\mu = \dfrac{\upsilon(\sin\alpha - 0,6\sin\beta)\Delta t}{\upsilon(0,6\cos\beta + \cos\alpha) + g\Delta t}$.



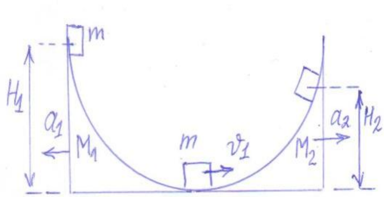
- ***Məsələ 16***. *Kütlələri M_1 və M_2 olan pazlar sükunətdə olmaqla şəkildə verilən kimi üfüqı hamar keçidə malikdir. h_1 yüksəklikdən m kütləli cisimsürtünməsiz aşağı sürüşür. Digər pazda hansı yüksəkliyə*

qalxacaq.
Veilib: M_1, M_2, h_1
Tapmalı: h_2

Həlli: Sürtünmə olmadığına görə cismin sol pazdan aşağı sürüşdüyü zaman üçün enerjinin saxlanması qanunu yasaq:

$mgh_1 = \frac{m\upsilon_1^2}{2} + \frac{M_1 u_1^2}{2}$ (1), budada u_1 - sol tərəfdə olan pazın cismin sürüşdüyü zaman aldığı sürətdir. Cismin h_2 yüksəkliyinə qalxdığı zaman sağ pazda daxil olmaqla:

$$\frac{m\upsilon_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{(M+m)u_2^2}{2} \quad (2)$$



Paz və cismin hərəkətlərinə nəzər yetirsək görərik ki, cismin ($\vec{p} = m\vec{\upsilon}_1$) impulsu, sol pazın impulsu($\vec{p} = M_1\vec{u}_1$) və cismin sağ pazla birgə impulsu ($\vec{p} = (m+M)\vec{u}_2$) modulca bərabər olmalıdır.
Onda (1) ifadəsini belə yaza bilərik:

$$mgh_1 = \frac{p^2}{2m} + \frac{p^2}{2M_1} \quad (3),$$

(2) ifadəsini bu formada yazaq:

$$mgh_2 = \frac{p^2}{2m} - \frac{p^2}{2(m+M_2)} \quad (4)$$

(3)-ü (4)-də bölsık, alarıq:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{(M_1+m)(M_2+m)}{M_1M_2} \Rightarrow h_2 = h_1\frac{M_1M_2}{(M_1+m)(M_2+m)}.$$

Şərtə görə pazların kütləsi eyni olduğundan, onda

$$h_2 = h_1\left(\frac{M}{M+m}\right)^2.$$

- ***Məsələ 17.*** *Üfüqi hərəkət edən m_1, kütləli kürə üfüqi υ_1, sürəti ilə hərəkət edərək sükunətdə olan digər m_2.kütləli kürə ilə toqquşur. Zərbə tam elastik, mərkəzi və düzünədir. Birinci kürə enerjisinin hansı hissəsini ikinci kürəyə vermişdir?*

Verilib m_1, m_2, υ_1

Tapmalı $\varepsilon = W_1/W_2$

Həlli: Veriləcək enerji hissəsi aşağıdakı münasibətlə təyin olunur:

$$\varepsilon = \frac{W_2}{W_1} = \frac{m_2 u_2^2}{m_1 \upsilon_1^2} = \frac{m_2}{m_1}\left(\frac{u_2}{\upsilon_1}\right)^2, \quad (1)$$

burada W_1-birinci kürənin toqquşmadan əvvəlki kinetik enerjisi; u_2 və W_2 - ikinci kürənin toqquşmadan sonra sürəti və kinetik enerjisidir.

(1)-dən görünürki ε təyin etmək üçün u_2.sürəti təyin olunmalıdır. Məsələnin şərtinə görə kürələrin əmələ gətirdiyi sistemin impulsu dəyişmir. Mexaniki enerji digər enerji növlərinə keçmir.Bunu nəzərə alsaq:

$$m_1\upsilon_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2; \quad (2)$$

$$\frac{m_1\upsilon_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2} \quad (3)$$

(2) və (3) tənliklərini birgə həll etsək:

$$u_2 = \frac{2m_1\upsilon_1}{m_1 + m_2}.$$

u_2 ifadəsini (1) də nəzərə alsaq: alarıq

$$\varepsilon = \frac{m_2}{m_1}\left[\frac{2m_1\upsilon_1}{\upsilon_1(m_1+m_2)}\right]^2 = \frac{4m_1m_2}{(m_1+m_2)^2}.$$

Göründüyü kimi enerjinin verilmə əmsalı yalnız kürələrin kütlələrindən asılıdır, onların sürətindən asılı deyil.

- ***Məsələ 18.*** *Kütləsi 4 kq olan cismi 5m/san sürətlə hərəkət edərək 3kq kütləli olan cisimlə qeyri-elastiki toqqoşur. Bu toqquşma zamanı ayrılan istilik miqdarını tapmalı.*

Verilib: m_1=4kq, m_2=3kq, v_1=5m/s
Tapmalı Q=?
Həlli: Toqquşmaya qədər birinci cismin malik olduğu kinetik enerji aşağıdakı kimi olar:

$$E_1 = \frac{m_1v_1}{2} \qquad (1)$$

İkinci kürə sükunətdə və toqquşma qeyri-elastiki olduğundan impulsun saxlanma qanununa görə yazmaq olar:

$$m_1v_1 = m_1v_2 + m_2v_2 = (m_1+m_2)v_2$$

Buradan aırıq $$v_2 = \frac{m_1v_1}{m_1+m_2}$$

Zərbədən sonra hər iki cismin kinetik enerjisi üçün yaza bilərik:

$$E_2 = \frac{(m_1+m_2)}{2}\cdot v_2^2 = \frac{m_1^2v_1^2}{2(m_1+m_2)} \qquad (2)$$

Ayrılan istilik miqdarı kinetik enerjilərin fərqinə bərabər olar, yəni

$$Q = E_1 - E_2 \qquad (3)$$

(1) və (2) ifadələrini (3)-də yerinə yazmaqla taparıq:

$$Q = \frac{m_1v_1^2}{2} - \frac{m_1^2v_1^2}{2(m_1-m_2)} \qquad (4)$$

Şərtdə verilənləri (4) ifadəsində yerinə yazmaqla tapa bilərik:

$$Q = \frac{4 \cdot 5^2}{2} - \frac{4^2 \cdot 5^2}{2(4+3)} = 21,4C$$

- ***Məsələ 19***. *Kütləsi 4,5 ton olan çəkic 2m hündürlükdən zindan üzərinə düşür. Zərbə müddəti 0,015 san olduqda çəkicin cismə zərbə qüvvəsini təyin etməi. Çəkic zindana dəyib 25 sm yuxarı atıldıqda zərbə qüvvəsi dəyişərmi?*

Verilib: m=4,5 t=4500 kq, t=0,015s, h=25sm=0,25m,H=2m
Tapmalı: F=? F_1=?

Həlli: Çəkicin zərbə qüvvəsi dinamikanın əsas tənliyinə görə təyin edilir:

$$\bar{F}t = m\bar{v}_1 - m\bar{v}_0$$

Burada $mv_1 - mv_0$ çəkic- zindan sisteminin impulsuna dəyişməsidir. Zərbə anında impulsun dəyişməsi mv_1-ə bərabər olduğundan : $\bar{F}t = m\bar{v}_1$ və ya

$$\bar{F} = \frac{m\bar{v}_1}{t} \qquad (1)$$

OX oxunu şaquli istiqamətdə götürüb, F-in proyeksiyası üçün yaza bilərik

$$F = \frac{mv_1}{t}$$

Çəkicin düşmə sürətini $v_1 = \sqrt{2gH}$

olduğundan $$F = \frac{m\sqrt{2gH}}{t} \qquad (2)$$

Çəkicin zərbədən sonra yuxarı atıldığı hal üçün onun impulsunun dəyişməsi aşağıdakı kimi olar:

$$\bar{F}_2 t = m\bar{v}_2 - m\bar{v}_1$$

Bu ifadənin modulu

$$F_1 t = -m(v_2 - v_1)$$

v_2-çəkicin yuxarı qalxma sürətidir.

$$v_2 = \sqrt{2gH} \quad \text{olduğundan}$$

$$F_1 t = -m\left(\sqrt{2gH} + \sqrt{2gH}\right)$$

$$F_1 = -\frac{m\left(\sqrt{2gH} + \sqrt{2gH}\right)}{t} \qquad (3)$$

Burada mənfi işrəsi göstərir ki , zərb qüvvəsi çəkicə aiddir. Dinamikanın III qanununa görə belə qüvvə zindana da təsir edir. Verilən ifadələri (2) və (3) ifadələrində yazsaq alarıq:
$F=18{,}8N$ və $F_1=-25{,}4.10^5N$ olar

- ***Məsələ 20.*** *R=5m radiuslu çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən cismin kinetik enerjisinin E_k=80C olduğunu bilərək ona təsir edən mərkəzəqaçma qüvvəsini hesablayın.*

Həlli: Mərkəzəqaçma qüvvəsi $F=ma=mv^2/R$ düsturu ilə hesablanır.

Buradan, $v^2 = \dfrac{FR}{m}$ və kinetik enerji düsturunda nəzərə alsaq

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2}\cdot\frac{FR}{m} = \frac{FR}{2} \quad \text{tapmaq olar.}$$

Deməli, $E_k = \dfrac{FR}{2}$, $F = \dfrac{2E_k}{2}$

Kəmiyyətlərin məsələdə verilmiş qiymətlərində

$$F = \frac{2\cdot 80}{5} = 32(N) \quad \text{alınır.}$$

Çəkicin zərbə qüvvəsi artar.

- ***Məsələ 21.*** *Dibinin sahəsi 0,82m^2, dərinliyi 2 m olan quyu yarısına qədər su ilə doldurulmuşdur. Nasos bu suyu yer səthinə radiusu 0,26m olan boru vasitəsilə qaldırı. Quyudakı suyu 1 dəqiqə müddətinə şıxardıqda nasos hansı işi görür?*

Verilir: h=2m, r=0,26m, ϱ=1000kq/m^3, S=0,82m^2, t=1 dəq=60 san.
Tapmalı: A=?

Həlli: Quyudakı suyun ağırlıq mərkəzi yer səthindən 3h/4 dərinlikdə yerləşir. Buna görə quyudan suyu qaldırmaq üçün görülən iş

$$A_1 = p \cdot \frac{3}{4} h = mg \frac{3}{4} h = \rho V g \frac{3}{4} h = \rho g \frac{h}{2} \cdot S \cdot \frac{3}{4} \cdot h$$

Buradan
$$A_1 = \frac{3}{8} \rho g S h^2 \qquad (1)$$

Bundan əlavə nasos suya kinetik enerji verir, nəticədə su boruda müəyyən sürətlə axır. Bu sürəti aşağıdakı şərtdən tapa bilərik:

$$\frac{h}{2} S = \pi r^2 v \cdot t \Rightarrow v = \frac{hS}{2\pi r^2 t}$$

v – suyun borudakı hərəkət sürətidir. Əlavə iş

$$A_2 = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho h^3 S^3}{16\pi^2 r^4 t^2} \qquad (2)$$

Ümumi iş bu işin cəminə bərabər olacaqdır:

$$A = A_1 + A_2 \qquad (3)$$

(1) və (2) ifadələrini (3) bərabərliyində nəzərə alaq:

$$A = \frac{3}{8} \rho g S h^2 + \frac{\rho h^3 S^3}{16\pi^2 r^4 t^2} \qquad (4)$$

Verilənləri (4) düsturunda yerinə yazaq.

$$A = \frac{3}{8} \cdot 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}82 \cdot 2^2 + \frac{1000 \cdot 2^3 (0{,}82)^3}{16 \cdot (3{,}14)^2 \cdot (0{,}26)^4 \cdot (60)^2} = 12054 + 1{,}70 = 12055{,}70C = 12{,}06kC$$

- ***Məsələ22.*** *Kütlələrinin nisbəti $m_2/m_1=n$ olan iki cisim radiusu R olan yarımsferanın kənarlarında eyni üfuqi vəziyyətdədirlər. Cisimlər sürüşüb mütləq qeyri-elastiki toqquşur. Zərbədən sonra cisimlərin qalxa biləcəyi maksimal hündürlüyü tapmalı.*

Verilib: $m_2/m_1=n$, R
Tapmalı: h

Həlli. Cisimlərrin toqquşma anında malik olduqları sürəti $v_1 = v_2 = \sqrt{2Rg} = v$ olacaq. İmpulsun saxlanması qanununa görə $(m_1+m_2)U=(m_1-m_2)v$ buradan cisimlərin toqquşmadan sonrakı sürəti

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\sqrt{2Rg}$$

və toqquşmadan sonra cisimlərin birgə qalxa biləcəyi yüksəklik:

$$h = \frac{U^2}{2g} = \frac{1}{2g}\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)^2 2Rg\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)^2$$

son nəticədə alarıq. $h = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 R$

- **Məsələ 23**. Ardıcıl qoşulmuş sərtlikləri k_1=300N/m və k_2=500N/m olan yaylar elə dartılır ki, ikinci yayın dartırılması x_2=3sm olur. Yayların dartırılmasında görülən işi təyin edin.

Həlli. Ardıcıl birləşmədə yaylara təsir edən qüvvələr eyni olur (dinamikanın III qanunu) $F_1=F_2$ buradan $k_1x_1=k_2x_2$

nəticədə $x_1 = \frac{k_2 x_2}{k_1}$

Yekun uzanma $x = x_1 + x_2 = x_2(1 + \frac{k_2}{k_1})$

Yekun sərtlik isə $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$

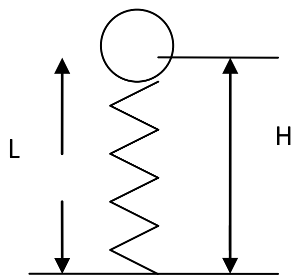
Beləliklə iş

$$A = \frac{k_1 k_2}{2(k_1 + k_2)}\left[x_2 \frac{k_1 + k_2}{k_1}\right]^2 = \frac{k_2(k_1 + k_2)}{2k_1} x_2.$$

- ***Məsələ 24.*** *Hisssəciyə təsir edən* $\vec{F} = 2\vec{i}$ *qüvvəsi ilə o koordinatını (1,2,3) dən (7,8,9) dəyişir. Qüvvənin gördüyü işi tapın.*

Həlli: F=2i=(2,0,0) yerdəyişmənin proyeksiyaları $|\vec{S}| = (6,6,6)$ və A=12 C.

- ***Məsələ 25.*** *Sərtliyi k, uzunluğu l olan yay şaquli vəziyyətdə qoyulmuşdur. H yüksəklikdən m kütləli kürə yay üzərinə düşür. Aşağı hərəkəti zamanı kürə hansı maksimal sürət alar? Sürtünməni nəzərə almamalı.*



Həlli. Zamanın müəyyn anında yayın sıxılması x olsun. Enerjinin saxlanma qanununa görə

$$\frac{mv^2}{2} = mg(H - l + x) - \frac{kx^2}{2}$$

Kürə maksimal sürətə o vaxt malik olacaq ki, $mg = kx_0$ şərti ödənsin. Onda

$$v_{max} = \sqrt{2g(H-l) + m\frac{g}{k}^{2}}$$

- ***Məsələ 26.*** *Hündürlüyü H, meyl bucağı α olan dağdan sürüşən xizəyin üfüqi getdiyi yolu tapın. Bütün səthdə sürtünmə əmsalı μ - dür.*

Həlli: Enerjinin saxlanma qanununa görə

$$mgH = \mu mg\cos\alpha \cdot l + \frac{mv^{2}}{2}$$

Dağ səthinin uzunluğu $l = \frac{H}{\sin\alpha}$,

nəzərə alsaq $gH = \mu gHctg\alpha + \frac{v^{2}}{2}$

Cismin üfüqi getdiyi yol onun kinetik enerjisinin sürtünmə qüvvəsinin işinə bərabərliyindən alınacaqdır: kinetik enerjinin dəyişməsi görülən işə bərabərdir.

$$\frac{mv^{2}}{2} = \mu mgS$$

Nəticədə $S = \frac{v}{2\mu g} = \frac{1}{\mu g}(gH - \mu gHctg\alpha)$

və $S = H(\frac{1}{\mu} - ctg\alpha)$.

- ***Məsələ 27****. Yer səthindən v_0 sürəti ilə şaquli h yüksəkliyə qalxan su şırnağının en kəsiyi necə dəyişər?*

Həlli: mayenin kəsilməz axınına görə $S_1v_1=S_2v_2$

və enerjinin saxlanması qanununa görə

$$v_2^2 = v_1^2 - 2gh$$

Onda
$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{v_1^2}{v_1^2 - 2gh}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{2gh}{v_1^2}}}.$$

- ***Məsələ 28.*** *Kütləsi m olan maddi nöqtənin potensial enerjisi $W(x)=\alpha x^2+\beta x+c$ ilə verilmişdir. Nöqtənin tarazlıq vəziyyətindən keçdiyi anda təcilini tapın.*

Həlli. Potensial enerji haqqında teoremə görə dA=-dW və dA=Fdx onda cismin aldığı təcil

$$a = \frac{1}{m}\frac{d}{dx}(\alpha x^2 + \beta x + c) = \frac{2\alpha x + \beta}{m} \qquad (1)$$

Cismin tarazlıq vəziyyəti $\frac{dW}{dx} = 0$ ilə təyin olunur.

$$\frac{d}{dx}(\alpha x^2 + \beta x + c) = 2\alpha x + \beta = 0$$

və
$$x = -\frac{\beta}{2\alpha} \qquad (2)$$

(2)-ni (1)-də nəzərə alsaq

$$a = \frac{1}{m}(2\alpha x + \beta) = 0$$

- ***Məsələ 29.*** *Süni peykin Yer kürəsini tərk etməsi üçün tələb olunan sürəti tapın. (II kosmik sürət).*

Həlli. Cazibə qüvvəsi $F = G\frac{mM}{r^2}$

onun işi isə

$$A= A\int_R^\infty F\cos\alpha dr = -\int_R^\infty G\frac{Mm}{R^2}dr = -\frac{GMm}{r}$$ və

Və $A = -\dfrac{mv^2}{2}$,

onda $v = \sqrt{2g_0 R} \approx 11{,}2\cdot 10^3 m/s$

- ***Məsələ 30.*** *Kütləsi m olan cisim sürtünmə olan bir mühütdə düşür. Cisim mühütə daxol olduqdan sonra onun mühitə nüfuz etmə dərinliyi impulsu ilə mütənasibdir: x=αp, P cismin impulsudur. α sabitdir. Mühütin cismə göstrdiyi müqavimət qüvvəsinin nüfuzetmə dərinliyindən asılılığını təyin edin.*

Verilib: x=αp
Tapmalı: F(x)

Həlli: Təbiicismin sürəti nüfuzetmənin sonunda sıfırdır: cisim dayanır. Onda onun nüfuzetmə dərinliyi $x = \dfrac{vt}{2}$ olacaq. Yolun

dusturundan $S = \dfrac{v^2}{2a} = \dfrac{P^2}{2m^2 a}$ təcili tapsaq,

$a = \dfrac{p^2}{2m^2 S}$ təsir edən qüvvə üçün alarıq:

$$F = ma = \frac{P^2}{2mS} = \frac{P^2}{amx} = \frac{(\frac{x}{\alpha})^2}{2mx} = \frac{x}{2m\alpha^2}$$

Əbunəsr Məhəmməd ibn Uzluğ ibn Tərxan Farabi (Əbunəsr Farabi)

(873 - Fərab – 950 Dəməşq) - ensiklopedik türk alimi, İslam dünyasında peripatetik fəlsəfənin inkişafında mühüm xidmət göstərmiş filosofdur. Elmdə Aristoteldən sonra "İkinci müəllim" (əl-Müəllim əs-sani) fəxri adını qazanmışdır. Yazdığı "Kitabi əl-Musiqə əl-kəbr" (Musiqi haqqında böyük kitab) əsəri ilə musiqiçünaslığın inkişafına təkan vermişdir. Alimin məşhur əsərlərindən biri "Fəzilətli şəhər əhlinin baxışları" adlı kitabıdır. Bu əsərində "İdeal dövlət" konsepsiyasını irəli sürmüşdür. Farabi həmçinin fizikada boşluqların varlığı və onlarin təbiəti haqqında fikir söyləmiş ilk tədqiqatçılardan biri hesab olunur.

Farabinin əsərləri bir neçə əsr müddətində dünya elm və fəlsəfəsinin inkişaf istiqamətini müəyyənləşdirmiş, Şərqdə, sonralar isə Qərbdə bir neçə yüz illiklər ərzində masaüstü dərslik kitabları olmuşdur (Füsus əl-Hikam). Dövrümüzə qədər 117 kitabı gəlib çıxmışdır ki, bunalardan 43-ü məntiq, 11-i metafizika, 7-si əxlaq, 7-si siyasi elmlər, 17-si musiqi, tibb və sosiologiya aiddir. 11 əsərə isə şərh yazmışdır. Aristoteldən sonra bütün dövrlərin və xalqların ən böyük filosofu sayılır. Farabi Şərqin İbn Sina və İbn Rüşd kimi dühalarının formalaşmasına birbaşa təsir göstərmişdir.

"Ara əhl əl-Mədinət əl-fadilə" (Fəzilətli şəhər əhlinin baxışları), "Risalə fil-əql" (Zəkaya dair risalə), "Kitab əl-hüruf" (Hərflər haqqında kitab), "Kitab ihsa` əl`-ülum" (Elmlərin siyahıya alınmasına dair), "Kitab əl-musiqi əl-kəbr","Fi ma yənbəği ən yüqəddimə qəblə təəllüm əl-fəlsəfə" (Fəlsəfəni öyrənməkdən əvvəl nəyin müqəddimə verilməsi haqqında), "Təhsil əs-səadə" (Xoşbəxtlik qazanma) kimi əsərləri vardır.

- ***Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.***

6.1. Kütləsi 60 kq olan adam 8 km/saat sürətlə qaçaraq 2,9 km/saat sürətlə hərəkət edən 80kq-lıq arabaya çatır və onun üzərinə atılır. 1) bundan sonra araba hansı sürətlə hərəkət edəcək? 2)adam araba ilə qarşı qarşıya hərəkət etmiş olsa idi, sonda arabanın sürəti nə qədər olardı?

6.2. Sürəti 500 m/s, kütləsi 100 kq olan mərmi dəmir yoluna paralel olmaqla üfüqi hərəkət edərək, kütləsi 10 ton olan qumla dolu vaqona dəyir və onda qalır. 1) Vaqon sükunətdə olmuşsa, 2)mərminin hərəkət istiqamətində 36 km/saat sürətlə hərəkət etmişsə, 3) Vaqon mərminin hərəkətinə əks olmaqla 36 km/saat sürətlə hərəkət etmişsə, toqquşmadan sonra vaqonun sürətini tapmalı.

6.3. Buz üzərində durmuş, kütləsi 70 kq olan konki sürən 3kq daşı 8 m/san sürətlə üfüqi istiqamətdə atır. Buzla konki arasında sürtünmə əmsalının 0,02 olduğunu bilərək konkisürənin yerdəyişməsini təyin edin.

6.4. Araba üzərində hərəkətsiz durmuş adam 2kq yükü üfüqi istiqamətdə irəli atır. Araba adamla birgə geri hərəkət edir və hərəkətin ilk anında sürəti 0,1 m/s olmuşdur. Arabanın adamla birgə kütləsi 100 kq-dır. Hərəkətin başlanmasından 0,5 san sonra daşın kinetik enerjisini tapın. Daşın hərəkətində havanın müqavimətini nəzərə almayın.

6.5. Kütləsi 2kq, sürəti 3 m/s olan cisim kütləsi 3 kq, sürəti 1 m/san olan cismi təqib edir v ona çatır. 1) zərbə qeyri elastik olduqda 2) zərbə elastik olduqda toqquşmadan sonra cisimlərin sürətini tapın. Toqquşma mərkəzidir.

6.6.* Mərmi silahdan üfüqə α bucağı altında v_o. sürəti ilə atılır. Trayektoriyanın ən yuxarı nöqtəsində mərmi iki bərabər qəlpəyə ayrılır. Qəlpələrin sürəti üfüqidir və trayektoriya müstəvisində yerləşir. Birnci qəlpə silahdan atəş istiqamətində S məsafədə yerə düşür. İkinci qəlpənin daha uzağa düşdüyünü bilərək, onun düşdüyü məsafəni tapmalı. Müqavimət qüvvələrini nəzərə almayın.

6.7.* Mərmi müqavimətsiz uçaraq trayektoriyanın ən yüksək nöqtəsində iki bərabər qəlpəyə parçalanır. Qəlpələrdən biri şaquli aşağı düşmüş, digəri isə atəş nöqtəsindən üfüqi S məsafədə yerə düşmüşdür. Partlayış H yüksəklikdə baş vermiş, qəlpələrdən biri şaquli aşağı τ müddətinə düşmüşdür. Mərminin partlayışdan əvvəlki sürətini tapın.

6.8. Kütləsi 10 q, sürəti 400 m/s olan güllə qalınlığı 5 sm olan lövhəni deşərək sürətini 2 dəfə azaldır. Lövhənin güllənin hərəkətinə müqavimət qüvvəsini tapın.

6.9. Kütləsi 15 ton, gücü 368 kVt olan tank mailliyi 30^o, olan təpəyə qalxır. Tank hansı maksimal sürət ala bilər?

6.10. Kütləsi 100 kq olan çilçıraq uzunluğu 5 m olan metal zəncir vasitəsi ilə tavandan asılmışdır. Zəncir maksimal 2kN gərilməyə davam gətir bilir. Çilçırağı hansı hündürlüyə meyl etdirmək olarki, sonrakı rəqsində zəncir qırılmasın?

6.11. Kütləsi m olan güllə M kütləli ballistik rəqqasa dəyir və onda qalır. Güllənin kinütik enerjisinin hansı hissəsi istilik enerjisinə çevriləcəkdir?

6.12. Buz üzərində 2 m/s sürətlə buraxılan daş 20,4 m yol qət edərək dayanır. Sürtünmə əmsalını sabit hesab etməli və onu tapmalı.

6.13. 20 ton kütləli vaqon 6000 N sürtünmə qüvvəsinin təsiri ilə bərabər yavaşıyan hərəkət edərək dayanır. Vaqonun başlanğıc sürəti 54 km/saat-dır.1)Sürtünmə qüvvəsinin işini tapın 2) dayanana kimi vaqonun getdiyi yolu təyin edin.

6.14. Kütləsi 2 kq olan daş müəyyənn yüksəklikdən düşür. Düşmə 1,43 san davam etmişdir. Yolun orta nöqtəsində kinetik və potensial enerjini tapın. Havanın müqavimət qüvvəsini nəzərə almayın.

6.15. Hündürlüyü 25 m olan qüllədən, üfüqi istiqamətdə 15 m/san sürətlə daş atılmişdır. Hərəkət başladıqdan 1 san sonra daşın kinetik və potensial enerjisini tapın. Daşın kütləsi 0,2 kq-dır.

6.16. Daşı üfüqlə 60^o bucaq altında 15 m/s sürətlə atdılar. 1) atılma anından 1 san sonra 2) trayektoriyanın ən yüksək nöqtəsində daşın kinetik və potensial enerjisini təyin edin. Daşın kütləsi 0,2 kq-dır. Havanın müqavimətini nəzərə almayın.

6.17. Daşın üfüqlə 30^o bucaq altında atılması üçün 216 kC enerji sərf edilir. Daşın kütləsi 2 kq və havanın müqaviməti nəzərə alınmazsa, daşın uçuş vaxtını və üfüqi uçuş yolunu tapın.

6.18. Avtomobilin dartı qüvvəsi məsafədən asılı olaraq belə dəyişir: a)F=D+Bs; b) $F=D+Bs+Cs^2$. Yolun (s_1, s_2) hissəsində gorülən işi təyin edin.

6.19. Hündürlüyü 0,5 m, uzunluğu 1 m olan mail müstəvi üzərində kütləsi 3 kq olan cisim sürüşür. Cisim mail müstəvinin sonuna 2,45 m/s sürətlə çatır. 1) müstəvidə sürtünmə əmsalını, 2) sürtünmə nəticəsində ayrılan istilik miqdarını tapın. Cismin başlanğıc sürəti sıfra bərabərdir.

6.20. v_o=20 m/san sürətlə əsən külək, sahəsi s=25 m^2 olan yelkənə $F=as\rho(v_o-v)^2/2$, qüvvəsi ilə təsir edir. Burada *a* – vahidsiz əmsal, ρ-havanın sıxlığı, v – qayığın sürətidir. Hansı şərt daxilində küləyin gücü maksimal olacaq? Küləyin təsir qüvvəsinin işini təyin edin.

6.21. Kütləsi 1 ton olan avtomobil söndürülmüş mühərriklə, sabit 54 km/saat sürətlə təpədən sürüşür. Təpənin mailliyi hər 100 m-də 4 m-ə bərabərdir. Avtomobil hansı gücə malik olmalıdır ki, həmin sürətlə eyni maillikli təpəyə qalxa bilsin?

6.22. Kütləsi 1,5 ton olan çəkic 20 tonluq qızmış dəmir üzərinə düşür və onu deformasiya edir. Zərbənin qeyri-elastik olduğunu bilərək faydalı iş əmsalını təyin edin. Deformasiyaya sərf olan işi faydalı hesab etməli.

6.23. 100 kq- kütləli çəkic 4 m/s sürətlə kütləsi 500 kq olan dirək üzərinə düşür. a) zərbə anında çəkicin kinetik enerjisini, b) dirəyin torpağa daxil olmasına sərf olan işi, c) F.İ.Ə –nı təyin edin. Zərbə qeyri elastikdir.

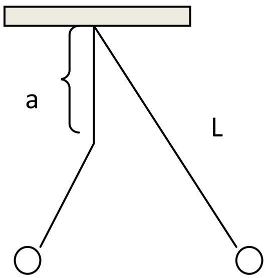
6.24. Kütlələri müvafiq olaraq 0,2 kq və 100 q olan iki kürə iplərdən asılmışdır və bir birinə toxunur. Birinci kürənin elə meyl etdirirlər ki, onun agırlıq mərkəzi 4,5 sm qalxır. 1) elastik 2) qeyri elastik zərbə olarsa, kürələr hansı yüksəkliyə qaxar?

6.25. Üfüqi uçan güllə sərt, çəkisiz məftilə baglanaraq asılmış kürəyə dəyir və onda qalır. Güllənin kqtləsi kürənin kütləsindən 1000 dəfə kiçikdir. Asqı nöqtəsindən kürənin mərkəzinə qədər məsafə 1 m-dir. Zərbədən sonra kürənin 10^0 meyl etdiyini bilərək, güllənin sürətini təyin edin.

6.26. Kütləsi 10 q olan güllə üfüqi uçaraq, asılmış 2 kq-lıq kürəyə dəyir onu dəlib 400 m/s sürətlə çıxır. Bu zaman kürə 0,2 m yeksəkliyə qalxır. a) güllənin sürətini b) güllənin kinetik enejisinin hansı hissısinin daxili enerjiyə keçdiyini tapın.

6.27. Kürə formalı, M kütləli taxta cisim ştativdə halqaüzərində qoyulmuşdur. Aşağıdan v sürəti ilə atılan m kütləli güllə kürəni deşib keçir. Bu zaman kurə h yüksəkliyə qalxır. Güllənin qalxdığı yüksəkliyi tapın.

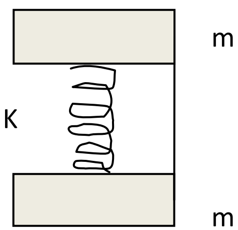
6.28. Avtomobil mühərrikin gücünü dəyişmədən təpəyə qalxdıqda sürəti azalır. Niyə?



6.29. Gəmidən sahilə atılmaq asan olduğu halda, yungül qayıqdan sahilə atılmaq nədən çətin olur?

6.30. Sükunətdə olan kürə digər eyni hərəkətdə olan kurənin toqquşmasından zərbə alır. Hansı halda onun sürəti çox olacaq- zərbə elastik, zərbə qeyrielastik olsun?

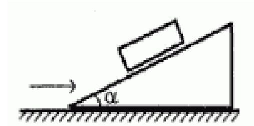
6.31. Cisim hündürlüyü h, oruracağı a olan mail müstəvidə sürüşür. Müstəvidən ayrıldıqdan sonra cisim üfüqi yolda hərəkətini davam etdirərək s yolunu gedib dayanır. Bütün hissələrdə sürtünmə əmsalı eynidir. Sürtünmə əmsalını tapmalı.



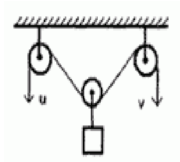
6.32. Yer səthindən h=2R yüksəklikdə hərəkət edən m kütləli peykin kinetik enerjisini təyin edin. R- Yerin radiusu, g- yer səthində sərbəstdüşmə təcilini verilmiş hesab edin.

6.33. Cisim 600 m/s sürətlə şaquli yuxarı atılır. Cismin bütün hərəkəti zamanı ona sabit 300N müqavimət qüvvəsi təsir edir. Cismin kütləsinin 50 kq olduğunu bilərək, Yerə düşdüyü zaman sürətini təyin edin.

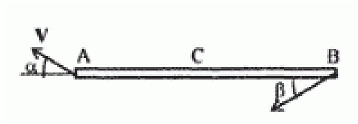
6.34. Uzunluğu L olan sapdan asılmış kütləsi m olan rəqqasın asqı nöqtəsindən şaquli aşağı a məsafədə divara mismar çalınmışdır. Sap şaquldan α bucağı meyl etdirilib buraxılır və rəqqas ipin mismara dayanmış vəziyyətində hərəkətini davam etdirir. Yaranan maksimal gərilmə qüvvəsini təyin edin.



6.35. Kütlələri m olan iki cisim sərtlik əmsalı K olan yayla bir birinə bağlanmışdır. Yay müəyyən qədər sıxılaraq iplə bağlanıbdır. İp qırılır. Yay nə qədər sıxılmalı idiki, yuxarıdakı cisim qalxdığı zaman aşağıdakı cismi qaldıra bilməsin?



6.36. Şaquli vəziyyətdə L uzunluqlu ipdən asılmış m kütləli kürə tarazlıqdadır. Sap dartılaraq üfüqi vəziyyətə gətirilir və kürə sərbəst buraxılır. Sap asqı nöqtəsində şaquli aşağı a məsafədə divara çalınmış mismara ilişir.Rəqqas hərəkətini davam etdirir. Rəqqas hansı maksimal yüksəkliyə qalxacaqdır?



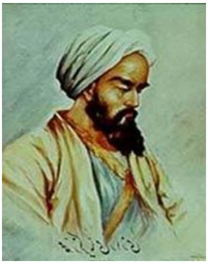
6.37. Dənizdə H dərinlikdə hündürlüyü h olan kub formalı qabın daxilində maye (su) vardır. Qabdan suyu xaric etmək üçün nə qədər iş görmək lazımdır?

6.38. AB çubuğu ixtiyari foemada hərəkət edir. Müəyyən anda A nöqtəsinin sürəti V olub çubuğun oxuna α bucağı altında yönəlir. B nöqtəsinin sürəti isə çubuğun oxuna β bucağı altında yönəlmiş olur. Çubuğun orta nöqtəsinin sürətini təyin edin.

6.39. Yük eyni ölçülü və tərpənməz iki blok vasitəsi ilə qaldırılır. İplər arasındakı bucaq α, iplərin sürətləri isə uyğun olaraq U və V olduqda yükün sürətini təyin edin.

6.40. Mail müstəvi hansı təcillə hərəkət etməlidirki, üzərindəki cismin sərbəst düşməsinə mane olmasın? Müstəvinin meyl bucağı α.-dır.

6.41. Meyl bucağı α olan mail müstəvi üzrə yuxarı V_0 sürəti ilə buraxılan cisim hansı maksimal yol qət edə bilər? Sürtünmə əmsalı μ-dür. Cismin qalxma müddətini və düşmə vaxtıını təyin edin.



İbn Heysəm (Alqazen) (965 İraq, Bəsrə -1040 Qahirə) riyaziyyat, fizika, oftolmalogiya və astronomiya kimi sahələrdə bir çox kəşfləri və ixtiraları ilə ad qazanmışdır. Alimin ortaya qoyduğu ixtiralardan biri də işıq şüaları ilə bağlı idi. Belə ki, o, bəzi filosofların sübutunun əksinə olaraq, işıq şüalarının cisimlərdən gözə təmas etdiyini ortaya qoymuşdur. Məhz bu isbat kameraların ixtirasında əsas prinsiplərdən biri hesab edilmişdir.
İlk dəfə gözü analizdən keçirən İbn Heysəm, gözün bütün hissəciklərinin funksiyasını izah etmişdir. O, psixoloji amillərin və təsirlərin də görmə ilə əlaqəsini ortaya qoyan ilk alimdir. Ərəb fiziki İbn Heysəmin işıqla bağlı "Kitab-ül-Mənazır" (Optikanın Xəzinəsi) adlı əsəri latın dilinə tərcümə edilmiş və Qərbdə Rocer Bekon kimi fiziklərin araşdırmalarına təsir etmişdir. Qədimdə işığın gözdən çıxaraq əşyaya çatması ilə görmənin əmələ gəldiyini fikirləşirdilərsə, Heysəm, tam əksinə, işığın əşyadan bizə çatdığını sübut etmişdir. Görmənin fiziki açıqlamasını ilk dəfə İbn Heysəm vermişdir. Bundan başqa riyaziyyatçı və filisof olan İbn Heysəm yüzdən çox əsər yazmış və dövrünün bütün elm sahələrində böyük avtoritet kimi qəbul edilmişdir.İbn Heyşəmin optikaya dair əsəri R.Bekon (1214 - 1294), Kepler (1571 - 1630) və Leonardo (1452 – 1519) kimi alimlərin yetişməsində böyük rol oynamışdır. Bir sıra Avropa ölkələrində Alqazen adı ilə tanınan Heysəm işığın əks olunması və sınması qanunlarını şərh etmişdir.
Alimin qələmə aldığı ən qədim əlyazmalardan biri müsiqinin canlılara təsiri ilə bağlıdır. O, əsərində apardığı təcrübələr əsasında musiqinin canlıların davranışlarına təsir keyfiyyəti ilə bağlı xeyli misallar göstərmişdir. Alimin mühüm mövzulardan söhbət açan 200-dən çox kitabı vardır. Əsərlənin bir çox dünya dillərinə tərcümə edilmişdir

❖ 8. Bərk cismin fırlanma hərəkəti

Fırlanma oxuna nəzərən bərk cismin fırlanma hərəkətinn dinamikasının əsas tənliyi

$$M\,dt = d(J\omega),$$

Burada M – dt müddətində cismə təsir edən qüvvə momenti: J – cismin ətalət momenti; ω - bucaq sürəti; L=Jω -impuls momentidir.

Ətalət momentinin sabit qiymətində $M = J\varepsilon,$

Burada ε - fırladıcı M momentinin təsiri ilə cismin aldığı bucaq təcilidir.

F qüvvəsinin hər hansı fırlanma oxuna nəzərən momenti $M=F\,l,$

Haradakı, l – qüvvənin qoludur (fırlanma oxundan qüvvənin istiqamətinə çəkilmiş ən qısa məsafədir).

Maddi nöqtənin ətalət momenti $J=mr^2,$

burada m – maddi nöqtənin kütləsi, r fırlanma oxundan məsafədir.

Bərk cismin ətalət momenti $J = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \cdot r_i^{2,}$,

burada r_i - Δm_i kütlə elementindən fırlanma oxuna qədər məsafədir. Bərk cismin ətalət momenti inteqral formada

$$J=\int r^2\,dm=\int \rho r^2\,dV,$$

ρ - cismin sıxlığıdır.

Paralel oxlar haqqında teorem: (Şteyner teoremi) İxtiyari oxa nəzərən ətalət momenti belə hesablanıılır

$$J=J_o + ma^2,$$

Burada J_o – verilim oxa paralel olmaqla cismin ağırlıq mərkəzindən keçən oxa nzərən ətalət momenti, a – oxlar arasında məsafə, m cismin kütləsidir.

İmpuls momentinin saxlanma qanunu

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{L}_i = const,$$

burada L_i – sistemə daxil olan i, nömrəli cismin impuls moment.

Müəyyən həndəsi formalı cisimlərin ətalət momentləri:

Cisim	*Ətalət momentinin təyin olunduğu ox*	*Ətalət moment dusturu*
Kütləsi m uzunluğu *l* olan bircins çubuq	Çubuğa perpendikulyar olmaqla ağırlıq mərkəzindən keçən ox Çubuğun bir kənarından keçən və çubuğa perpendikulyar ox	$\frac{1}{12}ml^2$ $\frac{1}{3}ml^2$
Radiusu R kütləsi m olan nazik halqa, boru	Oturacağın müstəvisinə perpendikulyar olmaqla mərkəzdən keçən ox	$m\mathrm{R}^2$
Radiusu R, kütləsi m olan dairəsi bircins disk (silindir)	Diskin mərkəzindən səthinə perpendikulyar olmaqla oturacaq müstəvisinin mərkəzindən keçən ox	$\frac{1}{2}mR^2$
Radiusu R, kütləsi m olan bircins kürə	Kürənin mərkəzindən keçən ox	$\frac{2}{5}mR^2$

İki qarşılıqlı təsirdə olan cisim üçün impuls momentinin saxlanması qanunu

$$J_1\,\omega_1+J_2\,\omega_2=J_1'\,\omega_1'+J_2'\,\omega_2',$$

burada J_1, J_2 , ω_1 və ω_2 – cisimlərin qarşılıqlı təsirdən əvvəlki ətalət momentləri və bucaq sürətləri, J_1' ,J_2' ,ω_1' və ω_2' - həmin kəmiyyətlər qarşılıqlı təsirdən sonra.

Tərpənməz ox ətrafında fırlanan bərk cismin kinetik enerjisi:

$$E_к=J\omega^2/2.$$

Bərk cismin müstəvi hərəkətində kinetik enerjisi:

$$E_к=m\upsilon^2/2 + J\omega^2/2,$$

burada $m\upsilon^2/2$ – cismin irəliləmə hərəkətinin kinetik enerjisi, *v*-ağırlıq mərkəzinin sürəti, $J\omega^2/2$ – cismin ətalət mərkəzindən keçən ox ətrafında fırlanma kinetik enerjisi.

Fırlanan cismə təsir edən sabit qüvvə momentinin işi,

$$A = \int M\,d\varphi = M\varphi,$$

φ - cismin dönmə bucağıdır.

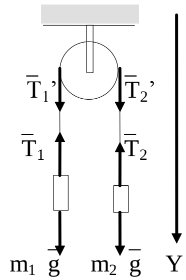
Fırlanma zamanı iş və kinetik enerjinin dəyişməsi

$$A= J\omega_2^2/2 - J\omega_1^2/2.$$

- ***Məsələ həllinə nümunələr.***

➢ ***Məsələ 1.*** *Blokdan aşırılmışipin uclarına kütlələri m_1=300 q və m_2=200 q olan yüklər bağlanmışdır. Bircins blokun kütləsi m_o=300 q-dır. Yüklrin təcilini tapın.*

Verilib: $m_1=300$ q , $m_2=200$ q, $m_o=300$ q
Tapmalı: a-?



Həlli. Birinci yük üçün dinamikanın II qanunu

$$m_1\ \bar{a}_1 = m_1\ \bar{g} + \bar{T}_1, \quad (1)$$

ikinci yük üçün:

$$m_2\ \bar{a}_2 = m_2\ \bar{g} + \bar{T}_2. \quad (2)$$

blokun fırlanmaı hərəkət dinamikasının əsas tənliyi: $J\ \bar{\varepsilon} = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$, (3)

burada $\bar{M}_1$ və $\bar{M}_2$ – ipdə yaranan $\bar{T}_1'$ və $\bar{T}_2'$.gərilmə qüvvələrinin momentləridir.

İp uzanmayandırsa, onda: $a_1=a_2=a$, $a=\varepsilon r$, (4)

ipin çəkisi olmadığından: $T_1=T_1'$ və $T_2=T_2'$.

İfadələri skalyar formada yazmaq üçün OY oxunu şaquli aşağı götürək. onda $a_{1y}=a$, $a_{2y}= -a$. Bu halda (1) və (2) ifadələrini belə yaza bilərik

$$m_1a_1 = m_1 g - T_1, \quad -m_2a_2 = m_2 g - T_2. \qquad (5)$$

$\bar{T}_1'$ və $\bar{T}_2'$ qüvvələrinin momentləri fırlanma oxu boyu yönəlir, amma qarşılıqlı əksdirlər. $\bar{\omega}$ istiqamətini müsbət qəbul edək. Onda (3) tənliyi belə olar:

$$J\varepsilon = T_1\, r - T_2\, r,$$

r- blokun radiusudur.

Aydındırki, əgər blokun kütləsi və uyğun olaraq ətalət momenti çox kiçikdirsə, $T_1=T_2$. (4)-dən ε-ni və bircins diskin ətalət momentinin $J=m_or^2/2$, nəzərə alsaq, alarıq

$$m_or^2a/(2r) = T_1\, r - T_2\, r . \qquad (6)$$

(5) və (6) tənlikləri sistem təşkil edir.

Birgə həll etsək

$$a=g(m_1 - m_2)/(m_1+m_2+m_o)=1{,}5\ m/s^2.$$

- ***Məsələ 2***. *Kütləsi 1 kq olan kürə sürtünməsiz hərəkət edərək 10 sm/s sürətlə divarla toqquşur və 8 sm/san sürətlə qayıdır. Zərbə nəticəsində ayrılan istilik miqdarını təyin edin.*

Verilib: $m=1$ *kq*, $v_0=0.1$ *m/s*, $v=0.08$ *m/s.*
Tapmalı: $Q=?$

Həlli: Divarı çox böyük və tərpənməz hesab edək. Bu halda ayrılan istilik miqdarı enerjinin saxlanma qanuna görə tyin olunacaq: Ayrılan istilik miqdarı mexaniki enerjinin dəyişməsinə bərabərdir.
$Q=E-E_0$.
Mexaniki enerjisi onun irəliləmə kinetik enerjisi ilə kütlə mərkəzinə nəzərən fırlanma kinetik enerjisinin cəminə bərabərdir: beləki kürənin diiyirlənərək irəliləməsi bu iki hərəkətin superpozisiyasıdır.

$$E_{\text{кин.}}=\frac{m\text{v}^2}{2}+\frac{I\omega^2}{2}.$$

Diyirlənmə sürüşməsiz baş verdiyindən kütlə mərkəzinin sürəti onun bucaq sürəti ilə mütənasibdir: $\text{v}=\omega R,$
burada R –kürənin radiusu, J – kürənin kütlə mərkəzinə nəzərən ətalət momentidir. Kürə üçün

$$I=\frac{2mR^2}{5}.$$

Nəzərə alsaq:

$$E=\frac{m\text{v}^2}{2}+\frac{2mR^2}{5}\frac{\left(\frac{\text{v}}{R}\right)^2}{2}=\frac{m\text{v}^2}{2}+\frac{m\text{v}^2}{5}=0.7m\text{v}^2$$

Uyğun olaraq kürənin başlanğıc kinetik enerjisi:

$$E_0=0.7m\text{v}_0^2.$$

Nəzərə alsaq ayrılan istilik miqdarı
$Q=0,7m(V^2-V^2_0)$ $Q=2,52$ mC$=2$ mC.

- ***Məsələ 3.*** *Kütlələri 1 və 2 kq olan cisimlər ipin iclarına bağlanmış və ip kütləsi 1 kq olan blokdan aşırılmışdır. 1) yüklərin hərəkət təcillərini 2) yüklərin asıldığı iplərdə gərilmə qüvvəsini tapmalı. Blok bircinsdir. Sürtünməni nəzərə almayın.*

Verilib: $m_1=2$ *kq*, $m_2=1$ *kq*, $m_b=1$ *kq*.
Tapmalı: a -? T_1 -? T_2 - ?

Həlli. Birinci yükün hərəkəti iki qüvvənin: m_1g (aşağı yönəlmiş) ağırlıq qüvvəsinin və ipin yuxarı yönəlmiş T_1 gərilmə qüvvəsinin təsiri ilə baş verir. Bu baxımdan yaza bilərik:

$$m_1a= m_1g - T_1. \qquad (1)$$

İkinci yükdə həmin təcillə hərəkət edir. Yüklərin təcili eyni olacaq. İkinci yük a təcilini m_2g (aşağı) olan aşırlıq və yuxarı yönəlmiş T_2 gərilmə qüvvəsinin təsiri ilə alır. Bu səbəbdən:

$$m_2a= - m_2g + T_2. \qquad (2)$$

İp blokun tərəflərindən müxtəlif gərilmə ilə dartıldığından gərilmələrin. T_1 - T_2 fərqi blokda fırladıcı moment yaradır. Dinamikanın əsas tənliyinitətbiq etsək, alarıq:

$$(T_1 - T_2)R=J\varepsilon=Ja/R, \qquad (3)$$

haradakı

$$J=m_б R^2/2. \qquad (4)$$

(1), (2), (3) və (4) birgə həll etsək alarıq:

$$a=(m_1g - m_2g)/(m_1+ m_2+J/R^2) \quad \text{və}$$

$$a=(m_1g - m_2g)/(m_1+ m_2+M/2). \quad (5)$$

Qiymətləri yerinə yazsaq alarıq:
(2) və (5) i (1) və (2)-də nəzərə alsaq, uyğun olaraq alarıq

$$T_1= m_1g(2m_2+ J/R^2)/ (m_1+ m_2+J/R^2)=14\ N\ ,$$

$$T_2= m_2g(2m_1+ J/R^2)/ (m_1+ m_2+J/R^2) = 12{,}6\ N.$$

- ***Məsələ 4.*** *9 kq kütəsi olan çarxa dolanmış ipin ucuna kütləsi 2 kq yük bağlanmışdır. Yükün təcilini tapın. Çarx bircins silindir formasındadır. Sürtünməni nəzərə almayın.*

Verilib: $m=2$ *kq*, $m_ç=9$ *kq*
Tapmalı: a - ?

Həlli. Məsələni iki üsulla həll etmək mümkündür: 1) fırlanma hərəktinin dinamikasının əsas tənliyini tətbiq etməklə (əvvəlki məsələnin həlli) 2)enerjinin saxlanma qanununu tətbiq etməklə. Məsələnin birinci üsulla həlli müstəqil etmək təklif olunur. İkinci üsulla həll etmək üçün: yükün enməsi zamanı onun potensial enerjisi azalır, yükün və çarxın kinetik enerjilərinə çevrilir. Beləliklə

$$mgh=m\upsilon^2/2+J\omega^2/2. \qquad (1)$$

Silindirin ətalət momenti $J=m_çR^2/2$ *və* $\omega=\upsilon/R$, hardakı R – çarxın radiusudur. Bu halda (1) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$mgh=m\upsilon^2/2+ m_ç\upsilon^2/(2\cdot 2)=(\upsilon^2/2)(m+m_б/2). \qquad (2)$$

Yükün enməsi sabit qüvvənin təsiri altında baş verdiyindən, hərəkət bərabərtəcilli olacaqdır:

$$h=at^2/2 \ \ \text{və} \ \ \upsilon=at. \qquad (3).$$

(3) ifadəsini (2)-də nəzərə alsaq, alarıq

$a=2mm_ç/(2m+m_ç)=3$ m/s.

- ***Məsələ 5.*** *Kütləsi 100 kq olan platforma, mərkəzindən keçən şaquli ox ətrafında 10 dövr/dəq sürətlə fırlanır. 60 kq kütləli adam platformanın kənarında durmuşdur.Adam platformanın kənarından mərkəzinə gəldikdə, platforma hansı sürətl fırlanmaya başlayacaq? Platforma bircins disk formasındadır, adam nöqtəvi cisimdir.*

Verilib: $m_1=100$ *kq,* $m_2=60$ *kq,* $\nu_1=10$ *dövr/dəq=1/6 dövr/s.*
Tapmalı: ν_2 - ?

Həlli. İmpuls momentinin saxlanması qanununa görə:

$$J_1\omega_1=J_2\omega_2 \qquad (1),$$

burada J_1 – mərkəzindən keçən oxa nəzərən platformanın, onun kənarında durmuş adamla birgə ətalət momenti; J_2 – mərkəzindən keçən oxa nəzərən platformanın, məərkəzində durmuş adamla birgə ətalət momentidir. ω_1 və ω_1 - adamın birinci və ikincivəziyyətlərində platformanın bucaq sürətləridir. Bu halda

$$J_1 =m_1R^2/2 +m_2R^2 \ \ u \ J_2 =m_1R^2/2, \qquad (2)$$

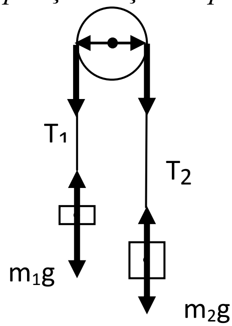
burada R – platformanın radiusudur. (2) ifadəsini (1)-də və nəzərə alsaqki $\omega=2\pi\nu$, alarıq

$$(m_1R^2/2+m_2R^2)2\pi\nu_1=2\pi\nu_2\, m_1R^2/2,$$

buradan

$\nu_2 =$
$\nu_1(m_1R^2+2m_2R^2)/m_1R^2=\nu_1(m_1+2m_2)/\, m_1=22$ *dövr/dəq.*

- ***Məsələ 6.*** *Disk formalı blokdan ip aşırılmışdır. İpin uclarına kütlələri 0,1kq və 0.11 kq olan yüklər bağlanmışdır. Yüklərin hərəkət təcilini tapmalı. Blokun hər iki tərəfində ipin gərilmə qüvvəsini tapın. Blokun kütləsi m=0,4 kq-dır.*



Verilib: $m_1=0.1$ *kq,* $m_2=0.11$ *kq,* $m=0.4$ *kq*
Tapmalı: $a=?,\ T_1=?, T_2=?$

Həlli: Hər iki cisim üçün hərəkət istiqamətini nəzərə alaraq hərəkət tənliklərini yazaq: Ox şaquli yuxarı götürülür:

$$m_1a=T_1-m_1g; \qquad (1)$$

$$-m_2a=T_2-m_2g; \qquad (2)$$

Bağlanmış ipi izanmayan hesab etsək hər iki yükün təcilləri eyni olacaqdır.

Fırlanmanın müsbət istiqaməti kimi saat əqrəbinin hərəkət istiqamətini götürək. Fırlanma hərəkəti dinamikasının dusturlarını yazaq. Blokun müsbət fırlanma istiqamətini saat əqrəbinin istiqaməti götürık. Fırlanma hərəkətinin dinamikasının əsas tənliyini yazaq:

$$I\varepsilon=M_2-M_1, \qquad (3)$$

burada I – bütöv diskin (silindirin) ətalət momentidir:

$$I=\frac{mR^2}{2}; \qquad (4)$$

ε – blokun bucaq təcili olub, sürüşməolmadığı halda xəttitəcillə bağlıdır:

$$a = R\varepsilon, \qquad (5)$$

R – blokun radusudur. Blokda iplərin gərilmə qüvvələrinin momentləri uyğun olaraq:

$$M_1=R \cdot T_1, \qquad (6)$$
$$M_2=R \cdot T_2 \qquad (7)$$

(1-7) tənliklər sistemini həll etsək, alarıq:

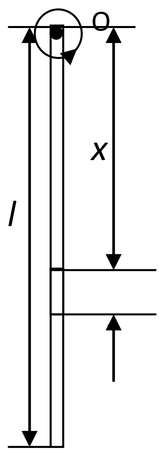
$$a = g\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + \frac{m}{2}} = 0.24 м/с^2,$$

və (2) –dən iplərin gərilmə qüvvələrini tapa bilərik:

$T_1=m_1(a+g)=1.0$ N; $T_2=m_2(g–a)=1.05$ N.

$a=0.24$ m/s^2; $T_1= 1.0$ N; $T_2=1.05$ N.

- ***Məsələ 7.*** *Uzunluğu 1 m olan bircins mis məftil bir ucundan keçən üfüqi ox ətrafında fırlanır. Fırlanma tezliyinin hansı qiymətində məftil qırılar?*



Verilib: $l=1$ *m ,* $\sigma_{möhk}=2.4 \cdot 10^8$ *Pa,* $\rho=8600$ *kq/m*^{3}
Tapmalı: $\nu=?$

Həlli: OX oxu üzrə F gərilmə qüvvvəsini təyin edək. Fırlanma oxundan x məsafədə kiçik dx и element ayıraq. Bu elementin kütləsi

$$dm=\rho Sdx.$$

olacaq. Bu hissəyə: yuxarı yönəlmiş gərilmə qüvvəsi F, F+dF gərilmə qüvvəsi elementin aşağı hissəsinə təsir edir. Ağırlıq qüvvəsi gdm – həmçinin aşağıdır. (bax şəklə). dm: kütlə elementi üçün dinamikanın II qanunu yazsaq:

$$adm= F–(F+dF)– gdm,$$

burada $a=\omega^2x$ – mərkəzəqaçma təcilidir. Buradan

$$dF=–dm(g+ \omega^2x)= –\rho Sdx(g+ \omega^2x),$$

vəya:

$$\frac{dF}{dx} = -S\rho\left(g + \omega^2 x\right).$$

F(x) ifadəsini əvvəlki ifadəni inteqrallamaqla almaq olar:

$$(-S\rho\left(g + \omega^2 x\right)) \text{ və}$$

F(l)=0 sərhəd şərtini nəzərə alsaq:

$$F(x) = -S\rho\left(gx + \frac{\omega^2 x^2}{2}\right) + S\rho\left(gl + \frac{\omega^2 l^2}{2}\right).$$

x=0 olduqda maksimal gərilmə olacaqdır.:

$$F(0) = S\rho\left(gl + \frac{\omega^2 l^2}{2}\right),$$

Müvafiq mexaniki gərginliyi möhkəmlik həddinə bərabər götürsə:$\sigma_{\text{möhk}}$=F(0)/S

Hesablasaq alarıq: $\nu=\omega/2\pi$ və ν=38 Hs.

- ***Məsələ 8***. *Uzunluğu l=80 sm, kütləsi m=2 kq olan kəndir stol üzərinə elə qoyulmuşdurki, l_0=50 sm uzunluğu stoldan aşağı buraxılmış vəziyyətdədir, digər ucu stol üzərində mismarla bərkidilmişdir. Mismarı çıxartdıqda kəndir stoldan aşağı düşməyə başlayır. Sürtünməni nəzəərə almayaraq, kəndirin malik ola biləcəyi maksimal sürəti tapın.*

Verilib: l=80 sm, l_0=50 sm,
Tapmalı V

Həlli: Kəndirin düşərkən ucu stol kənarında olduğu zaman digər ucunun olduğu nöqtəni potensial enerjinin sıfır səviyyəsi (stoldan 80 sm aşağı) qəbul edək. Kəndir aşağı sürüşərkən potensial enerjisi azalır, kinetik enerjisi artıq. Sürtünmə olmadığından: Enerjinin saxlanma qanununu bu formada yaza bilrik: $E_{pot1}=E_{kin2}+E_{pot2}$, Stola bərkidilmiş kəndir hissəsi üçün l-l_0=0,3m. Bu hissə üçün potensial enerji

$$E_{pot1}=m(l-l_0)g \quad \text{olacaq.}$$

Son halda düşən kəndir hissəsinin potensial enerjisi

$E_{pot}= mgl_0(l-l_0/2)/l$, ağırlıq mərkəzi kndirin ortasındadır.

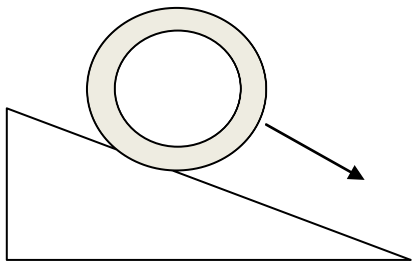
II halda kinetik enerji $E_{kin2}=mV^2/2$, potensial enerji

$$E_{pot2}=mgl/2.$$

Və $$mg(l-l_0)+mgl(l-l_0/2)/l=mgl/2+mV^2/2.$$

Buradan alarıq: $v=\sqrt{\frac{g(l^2-l_0{}^2)}{l}}$, v=2,18 m/san

- ***Məsələ 9.*** *Maye ilə tam doldurulmuş silindirik çəllək mail müstəvidə sürüşməsiz diyirlənir. Maye ilə qabın divarları arasında sürtünməni nəzərə almamaqla təcili təyin edin.Qabın kütləsi M, mayenin kütləsi m-dir.Müstəvinin meyl bucağı α-dır.*



Verilib: M, m, α
Tapmalı: a

Həlli: Maye ilə qabın divarları arasında sürtünmə çox az olduğundan silindirin fırlanması mayeyə təsir etməyəcəkdir. Maye irəliləmə hərəkəti icra edəcəkdir. Mayenin kütlə mərkəzi V sürəti ilə hərəkət edəcəkdir. Toxunma nöqtəsini fırlanma oxu hesab etsək impuls momenti L=Jω+mRω

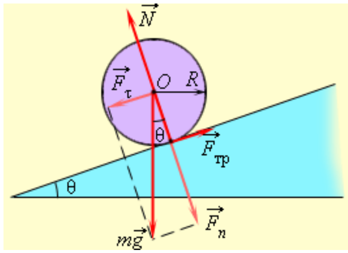
R- silindirin xarici radiusudur. J – toxunma nöqtəsinə görə silindirin ətalət momentidir. Sürüşmə olmadıqda V=ωR və L=(mR+J/R)V olacaq. Borunun mərkzi ani oxa nəzərən paralel hərəkət edəcək: $\frac{dL}{dt}=(\frac{J}{R}+mR)\frac{dV}{dt}=(M+m)RgSin\alpha$

M- silindirin kütləsidir.

Buradan $a=\frac{(M+m)R^2}{J+mR^2}gSin\alpha$

$J=2MR^2$ olduğunu nəzərə alsaq, $a = \frac{M+m}{2M+m} gSin\alpha$ olacaq.

- ***Məsələ 10.*** *Mail müsəvidə diyirlənərək sürüşən cismin təcilini tapın.*



Həlli Fırlanan cismin ağırlıq mərkəzindən keçən oxu irəliləmə hərəkəti edərsə, fırlanma hərəkəti dinamikasıın əsas tənliyi dəyişmir:
Cismə ağırlıq qüvvəsi və müstəvinin reaksiya qüvvəsi təsir edir. Sürtünmə qüvvəsi moment yaradır. M=FR,
Fırlanma hərəkətinin dinamikasının tənliyini tazaq:

$$J_C\varepsilon = J_C\frac{a}{R}=M=FR$$

ε-diyirlənən cismin ətalət momentidir. a-təcil, J_c- cismin kütlə mərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət momentidir.
Dinamikanın əsas tənliyinə görə $ma=mgSin\alpha-F_{sürt}$
Buradan $a = \frac{mgSin\propto}{(\frac{J_C}{R^2}+m)}$
Diyirlənən cismin ətalət momentinin ifadəsindən asılı olaraq cismin aldığı təcilin qiyməti dəyişəcəkdir.

- ***Məsələ 11.*** *M kütləli kürə V_o sürəti ilə hərəkət edərək, hamar stol üzərində olan L uzunluqlu M kütləli çubuğun fırlanma oxuna perpendikulyar olmaqla onunla mütləq elastiki toqquşur. Bütün hallarda sürtünməni nəzərə almasaq, zərbədən sonra çubuq hansı tsiklik tezliklə fırlanacaq?*

Verilib: V_o,M, m, L
Tapmalı:ω

Həlli: Zərbə zamanı kürəyə təsir edən qüvvə F olarsa, onda

$$m\frac{dv}{dt}=-F \quad M\frac{dV}{dt} = F \quad və \; J\frac{d\omega}{dt} = \frac{Fl}{2}$$

F-i tapıb həll etsık :

$$\frac{mdv}{Jd\omega} = -\frac{2}{l} \ \ v\partial \ \frac{MdV}{Jd\omega} = \frac{2}{l}$$

0-dan ω kimi inteqrallasaq:

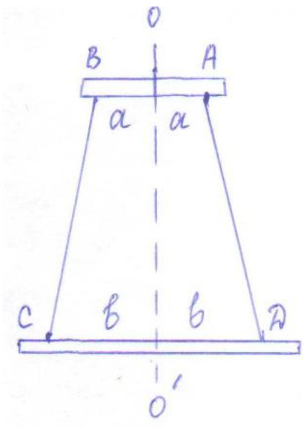
$$v - v_o = -\frac{2J\omega}{ml} \ \ v\partial \ V = \frac{2J\omega}{Ml}$$

Enerjinin saxlanma qanununu tətbiq etsək, kvadrat tənlik alarıq:

$$(1 + \frac{4J}{l^2}(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}))\omega^2 - \frac{4\omega v_o}{l} = 0$$

Cavabların biri ω=0 bu çubuğun zərbədən əvvəlki tsiklik tezliyidir. Çubuğun ətalət momentini $J = \frac{1}{12}Ml^2$ nəzərə alsaq: $\omega = \frac{12mv_o}{(4m+M)l}$.

- ***Məsələ 12.*** *Bifilyar asqının kiçik rəqslərinin periodunu təyin edin.*



Həlli: Bu qurğu iki eyni uzunluqlu ipdən asılmış çubuqdan ibarətdir. İplərin çubuğu bağlandığı nöqtələr onun kənar nöqtələrinə görə simmetrik olub, mərkəzindən eyni b məsafədə yerləşir. Asqı nöqtələri də çubuğun ortasına nəzərən eyni a məsafədə (b>a) olmaq şərti ilə təyin olunur. Çubuq ortasından keçən oxa nəzərən kiçik üfüqi bucaq altında burulur və sərbəst buraxılır. Iplər burulun zaman rəqqas müəyyən h hündürlüyə qalxmış olur. Rəqqasın rəqsi hərəkəti üçün kinetik enerji $_k$=½Jω^2, potensial enerjisi isə E_p=mgh olacaqdır.Çubuğun tarazlıq vəziyyətində asqı nöqtəsindən çubuğa çəkilən perpendikulyarın uzunluğu L olsun. Sistemi tam simmetrik qəbul edək. Üçölçülü koordinat sistemi təyin edək: X oxu AB asqı xətti, Z oxu CD çubuğunun ortası ilə AB aslma xəttini birləşbirən xətt boyu aşağı, Y oxu isə veriliş

oxlara perpendikulyar olsun. A nöqtəsinin koordinatları hər vaxt sabit qalacaq. $X_A=a$, $Y_A=0$, $Z_A=0$:
D nöqtəsinin koordinatları rəqqasın tarazlıq halında $X_{o,D}=b$, $Y_{o,D}=0$, $Z_{o,D}=0$ olacaq.
Sistemin φ bucağı qədər döndüyü zaman D nöqtəsinin koordinatları dəyişəcəkdir:
$X_D=b\cos\varphi$, $Y_D=b\sin\varphi$, $Z_D=L-h$ olacaq.
İpin uzunluğu sabit qaldığından

$$(X_D - X_A)^2 + (Y_D - Y_A)^2 + (Z_D - Z_A)^2 = (X_{o,D} - X_{o,A})^2 + (Y_{o,D} - Y_{o,A})^2 + (Z_{o,D} - Z_{o,A})^2$$

Və ya $(b\cos\varphi - a)^2 + b^2\sin^2\varphi + (L-h)^2 = (b-a)^2 + L^2$.
Sadələşmə aparsaq:

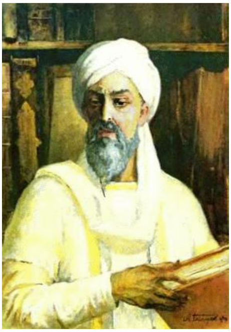
$$h = \frac{2ab(1-Cos\varphi)}{2L+h} = \frac{4ab}{2L+h}Sin^2\frac{\varphi}{2}.$$

Kiçik rəqslər üçün $\sin^2(\varphi/2)=\varphi/2$ götürmək olar. Və nəzərə alsaqki, h «L ,
$H=ab\varphi^2/2L$, potensial enerji $E_p=mgab\varphi^2/2L$ alarıq.
Ümumiləşmiş koordinatlarla rəqsi hərəkətin təyinini nəzərə alsaq: $E_p=\alpha x^2/2$ və $E_k=\beta(x')^2/2$, burada x'- ümumiləşmiş x koordinatinin törəməsidir, α və β sabit müsbət ədədlərdir. Bu halda $x=A\cos(\omega t+\delta)$, haradakı $\omega=\sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}$,
Bunları nəzərə alsaq verilən məsələ üçün $\alpha=mgab/L$ və $\beta=J$ nəticədə

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{JL}{mgab}}$$

J - çubuğun ətalət momentidir. Periodu tapmaqla isə çubuğun ətalət momentini hesablamaq olar.

Biruni (973-1048(1051)) İslam dünyasında ən böyük elm və din alimi, dövrünün ən böyük astronomu, riyaziyyatçısı, etnoqrafı, tarixçisi və filosofu olmuşdur. Əsərləri bu gün hələ də Qərb elm dünyasında mənbə kimi istifadə edilir. YUNESKO-nun 25 dildə çap etdirdiyi «Conrier» jurnalı 1974-cü il iyun sayının üz qabığında "1000 il əvvəl Orta Asiyada yaşayan beynəlxalq düha Biruni: astronom, tarixçi, botanik, əczaçılıq mütəxəssisi, geoloq, şair, mütəfəkkir, riyaziyyatçı, coğrafiyaşünas və humanist" ifadələrinə yer vermişdir.



Yerin cazibə qüvvəsi qanununun mövzusunda ilk dəfə tədqiqat aparan Biruni olmuşdur. Dövrümüzdə müzakirə edilən quru hissələrinin şimala doğru sürüşməsi fikrini 9 əsr yarım əvvəl dilə gətirmişdir. Yaşadığı dövrdə Ümid burnunun varlığından ilk dəfə danışan Biruni Şimali Asiya və Şimali Avropa haqqında da hərtərəfli məlumatlar vermiş, bundan başqa Xristofor Kolumbdan beş əsr əvvəl Amerika qitəsindən və Yaponiyadan bəhs etmişdir.

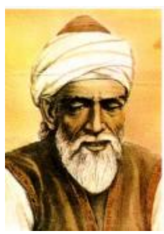
Astronomiya sahəsindəki fəaliyyətlərinə 995-ci ildə Günəşin və planetlərin meylliyini hesablayaraq başlamışdır. İşığın sürətinin səsə nisbətən son dərəcə böyük olduğunu qeyd etmişdir. Biruni triqonometriyada kosinus teoremi kimi tanınan əlaqəni ilk dəfə ortaya qoymuş, həndəsəni botanikaya tətbiq etmiş, quşlarla bağlı çox orijinal faktlar müəyyən etmiş və çox fərqli sahələrdə bir çox kitablar yazmışdır. İsti su ilə qaynar su arasındakı fərqləri aşkar etdiyi kimi istiliyin metallar üzərində genişləndirici təsirini də kəşf etmişdir."Kitabül-Cəmahir fi Mərifətül-Cəvahir" (Cövhərlərin xüsusiyyətlərinə dair) adlı əsərində 23 bərk cisimlə 6 mayenin sıxlıqlarını, xüsusi çəkilərini bugünki dəyərlərinə çox yaxın şəkildə hesablamışdır. Biruni izafi (nisbi) sıxlıqları mahruti alət adlandırdığı və ən qədim piktonometr (sıxlıq ölçmə aləti) adlandırılan alətlə müəyyən etmişdir. Göy üzü və yer səthinin müxtəlif xüsusiyyətlərini, en və uzunluq dairələrini, qitə və dənizləri göstərmək üçün yeddi metr diametri olan kürə düzəltmişdir. Bu fəaliyyəti ilə tarixdə Yeri kürə üzərində xəritəyə salan ilk alim adını qazanmışdır. "Nihayətül-Əmakin" (Məkanların sonları) adlı əsəri coğrafiyadan geologiya və geodeziyaya (yer kürəsinin formasının müəyyən edilməsi və yer üzünü

ölçmə fəaliyyətləri) qədər müxtəlif sahələri əhatə etmişdir. Biruninin astronomiya sahəsindəki ən vacib əsəri isə “əl-Qanunül-Məsudi” (Məsudi Qanunlar) adlı ensiklopediyasıdır. Bu əsərdə bir çox yeni kəşflərlə bərabər, triqonometriyaya aid bölmə də vardır. Ptolomey və Aristotelin qaydalarına qarşı çıxaraq, Yerin sabit deyil, fırlanan bir kütlə olduğunu irəli sürən Biruni, elm tarixçilərinə görə, müasir astronomiyanın təməlini qoymuşdur.

Biruni dünyada ilk dəfə Yerin öz oxu və Günəş ətrafında fırlanması ideyasını irəli sürmüşdür. Biruni Yerin çevrəsinin uzunluğunu Eratosfendən və bir sıra özündən əvvəlki müsəlman alimlərindən daha dəqiq hesablamışdı. Biruni astronomiyaya aid qanunlar məcmuəsi – traktatlar yazmışdır. Biruni yazırdı ki, Yer kürəsinin öz oxu ətrafında fırlanması astronomiyanın heç bir müddəasına zidd deyildir. Biruni 18 kimyəvi maddənin xüsusi çəkisini hesablamış, suyun sıxlığını hesablamağa nail olmuşdur.

Biruni cəbr, geometriya və coğrafiya sahələri ilə bağlı Qurandan bir ayə demiş, ayədə bəhs edilən mövzunu şərh etmiş, elmlə dini birləşdirmiş, elmi öyrənməkdə məqsədinin Allahı tanımaq və həqiqəti tapmaq olduğunu söyləmişdir. Əsərləri hələ də Qərb elm dünyasında mənbə əsər kimi istifadə edilir.

Biruni “Yer üzü və ulduzlar haqqında qanun” adlı kitabında ulduz və planetlərin kürə şəklində olduqlarını sübut etmiş, Yerin Günəş ətrafında, Ayın da Yerin ətrafında dövr etdiyini sübut edərək, Qərb elm adamlarından 6 əsr əvvəl bu həqiqətləri açıqlamışdı. Yerin diametrini öz adı ilə tanınan məşhur bir qanun ilə hesablamağı bacaran Biruni Yerin radiusunu ancaq 14 kilometrlik fərq ilə tapmışdır.



Əbü-l-Vəfa Məhəmməd ibn Məhəmməd (10 iyun, 940,Buzqan – .998, Bağdad) — fars astronomu və riyaziyyatçısı, Diofantın "Hesabının" şərhçisi; kəsrlər nəzəriyyəsinə ətraflı baxmış, pərgar və xətkeşin köməyi ilə əsas həndəsi qurmaları tətbiq etmişdir. X əsrdə yaşamış Bəttani ilk dəfə triqonometriyanı kəşf etmiş, onunla eyni əsrdə yaşamış Əbü’l Vəfa isə triqonometriyaya “sekant-kosekant” terminlərini gətirmişdir. Əbül Vəfa tangens, kotangens və kosekantı ilk istifadə edən alim kimi tamımır.

- ***Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.***

8.1. Uzunluğu 1 m, kütləsi 0,5 kq olan bircins çubuq, çubuğun ortasından keçən və çubuğa perpendikulyar olan üfüqi ox ətrafında fırlanır. Çubuğu hansı bucaq təcili ilə fırlatmaq lazımdırki, fırladıcı moment $9{,}81.10^{-2}$Nm olsun?
8.2. Ətalət momenti 63,6 kq.m^2,olan disk 31,4 rad/s sürətl fırlanır. Diskin 20 san müddətində dayandıra biləcək tormozlayıcı momenti hesablayın.
8.3. Disk formalı kütləsi 50 kq, radiusu 0,5 m olan təkərin kənarınatoxunan istiqamətdə 98 N qüvvə təsir edir. 1) təkərin bucaq sürətini tapın 2) nə qədər vaxtdan sonra təkərin sürəti 100 dövr/san olacaq?
8.4. Ətalət momenti 245 kq.m^2, olan təkər 20 dövr/san sürətl fırlanır. Fırladıcı moment kəsildikdən 1 dəqiqə sonra təkər dayandı. Tapmalı: 1) sürtünmə qüvvəsi momentini 2) tam dayanana kimi təkərin dövrlərinin sayını
8.5. Radiusu 20 sm, ətalət momenti 0,1 kq.m^2,olan diskdən aşıqılmış ipin ucuna 0,5 kq kütləli cisim bağlanmışdır. Başlanğıc halda yük döşəmədən 1 m yüksəklikdədir. 1) yükün döşəməyə çatdüğü vaxtı 2) yükün döşəmyə zərbə anında kinetin enerjisini 3) ipin gərilməsini tapın. Sürtünməni nəzərə almayın.
8.6. İpin uclarına müxtəlif kütləli cisimlər bağlanmış, ip radiusu R=20 sm və ətalət momenti J=50 kq.m^2 olan blokdan aşırılmışdır. Blokun sabit 2,36 rad/san^2 bucaq təcili ilə fırlandığını bilərək iplərin T_1-T_2 gərilmə qüvvələrinin fərqini təyin edin. Sürtünmə qüvvəsinin yaratdığı moment $M_{sür}$=98,1 Nm.
8.7. Kütləsi 1 kq olan blok stolun kənarına bəərkidilmişdir (4.14. məsələsi) A və B yükləri eyni kütləyə malikdir, ipin uclarına bağlanmış və blokdan aşırılmışlar. B yükünün stolla sürtünmə əmsalı 0,1-ə bərabərdir. Blok borcins disk formasındadır. Tapmalı: 1) yüklərin hərəkət təcillərini 2) T_A və T_B iplərdəki gərilmə qüvvələrini. Blokda sürtünməni nəzərə almayın.
8.8. Kütləsi m_1=200 q olan bircins silindirik tərpənməz oxu olan bloka gərilməyən ip dolanmış, ipin sərbəst ucuna m_2=500 q kütləli yük bağlanaraq meyl bucağı $\alpha=45^o$ olan mail müstəvi

üzərində yerləşdirilmişdir. Ipi, müstəvi səthinə paralel olmaqla yükü saxlayır. Mail müstəvi ilə sürtünmə əmsalı μ=0,1 olarsa, yük t=1 san müddətində nə qədər yol qət edər?

8.9. Diskə 7m/san sürət verməklə meyl bucağı 30^o olan mail müstəvi üzərinə, müstəvi səthinə paralel olmaqla yuxarı istiqamətdə buraxılır. Sürtünməni nəzərə almamalı. Diskin getdiyi yolu tapın.

8.10. Kütləsi m=100 kq, radiusu R=0,4 m olan diskin n=10 dövr/san tezliklə fırlanması üçün nə qədər iş görmək lazımdır?

8.11. Təkərin radiusu $r=10^{-2}$ м-dir. Təkərə ip dolanmış, sərbəst ucuna m=0,2 kq kütləli cisim bağlanmışdır. Ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə cisim t=5 san müddətində h_1=1,2 m aşağı düşür, təkərin fırlanması səbəbindən ətalətə görə h_2=0,8 m qalxır. Təkərin ətalət momentini təyin edin.

8.12. Silindirik borunun simmetriya oxuna nəzərən ətalət momentini təyin edin. Silindirin kütləsi m=2 kq, daxili radiusu r=0,03 m, xarici radiusu R=0,05m.-dir.

8.13. Halqa və disk eyni kütləyə malikdir. Eyni xətti sürətlə fırlanırlar. Halqanın kinetik enerjisi 39,2 C olarsa, diskin kinetik enerjisini təyin edin.

8.14. Radiusu R=10 sm olan bircins mis kürə mərkəzindən keçən oxa nəzərən ν=2 dövr/san tezliklə fırlanır. Tezliyi iki dəfə artırmaq üçün nə qədər iş görmək lazımdır.

8.15. 1) kürənin 2) diskin 3) halqanın mail müstəvidən sürüşməsiz diyirlənən zaman xətti təcilini təyin edin. Bütün cisimlər üçün başlanğıc sürət sıfırdır. Müstəvinin meyl bucağı 30^0 –dir. 4) tapılan təcilləri sürüşmə olan hal üçün müqaisə edin.

8.16. 1) Kürənin 2) Diskin 3) Halqanın mail müstəvidə sürüşməsiz diyirlənməsi zamanı ağırlıq mərkəzlərinin sürətini təyin edin. Cisimlərin başlanğıc sürətləri sıfra bərabərdir. Müstəvinin hündürlüyü 0,5 m -dir. 4) müəyyən edilmiş sürətləri cisimlərin müstəvidə sürtünmə olmadığı hal üçün sürüşən zaman aldıqları sürətlə müqaisə edin.

8.17. Fırfıra 900 dövr/dəq sürəti ilə fırlanır. Cərəyan dövrəsindən ayrıldıqdan sonra 75 dövr edib dayanır. Bu zaman sürtünmə qüvvəsinin işi 44,4 C olmuşdur. Fırfıranın ətalət momentini, tormozlayıcı qüvvənin momentini təyin edin.

8.18. Val ν=10 dövr/san sürətlə fırlanaraq $E_к$ = 800C kinetik enerjiyə malikdir. Vala təsir edən M=50 Nm fırladıcı moment nə qədər vaxta valın sürətini iki dəfə artırar?

8.19. 85 sm uzunluqlu bircins çubuq bir ucundan keçən üfüqi oxdan asılmışdır. Çubuğun aşağı ucuna hansı sürət vermək lazımdırki, ən azı bir tam dövr edə bilsin?

8.20. Şaquli vəziyyətdə qoyulmuş qələm (karandan) stol üzərinə aşır (düşür). Düşmənin sonunda qələmin 1) ortasının 2) yuxarı nöqtəsinin malik olduğu xətti və bucaq sürətini hesablayın. Qələmin uzunluğu 15 sm-dır.

8.21. Üfüqi yerləşdirilmiş 80 kq-lıq radiusu 1 m olan platforma 20dövr/dəq sürətə uyğun olaraq fırlanır. Platformanın mərkəzində adam durmuş və qolları açılmış vəziyyətdə əllərində yüklər tutmuşdur. Adam əllərini aşağı salaraq öz ətalət momentini 2,94 kqm^2-dan 0,98 kqm^2-a kimi azaltmışsa, platformanın dəqiqədə dövrlərinin sayını təyin edin. Platforma dairəvi bircins diskdir.

8.22. Uzunluğu l=3 m olan ipdən asılmış, kütləsi M=5 kq olan qumla dolu yeşiyə kütləsi m=0,05 kq olan güllə dəyərək ipi şaquli vəziyyətdən $\alpha=10^o$ meyl etdirir. Güllənin sürətini hesablayın.

8.23. Uzunluğu L, kütləsi m olan kobra şaquli yuxarı sabit V sürəti ilə qalxaraq sıçrayış edıb tullanır. Kobranın yerə təzyiq qüvvəsini təyin edin.

8.24. M kütləli cisim yerdən h yüksəklikdə yerləşərək, yerdə şaquli vəziyyətdə qoyulmuş L uzunluqlu yay üzərindəki çəkisiz lövhə üzərinə düşür. Yayın sərtlik əmsalı K-dır. Döşəməyə maksimal təsir edən təzyiq qüvvəsini təyin edin.

❖ 9. Rəqsi hərəkət.

Əsas fiziki anlayış və kəmiyyətlər

Harmonik rəqsin tənliyi:

$$x=A\cos(\omega t+\varphi_o),$$

və ya

$$x=A\sin(\omega t+\varphi_o)$$

burada x – tarazlıq vəziyyətindən rəqqasın yerdəyişməsi; t-zaman; A, ω, φ_o – uyğun olaraq amplituda, dairəvi (tsiklik) tezlik, rəqsin başlanğıc fazasıdır; $(\omega t+\varphi_o)$ – t anında rəqsin fazasıdır.

Rəqsin dairəvi tezliyi $\omega=2\pi\nu$, vəya $\omega=2\pi/T$,

burada ν və T – rəqsin tezliyi və periodudur.

Ümumi halda hərəkət tənliyi:

$$\frac{d^2x}{dt^2}=-\omega^2 x$$

Harmonik hərəkət edən nöqtənin sürəti,

$$\upsilon=dx/dt=-A\omega\sin(\omega t+\varphi_o).$$

Harmonik rəqsi hərəkətdə təcil

$$a=d^2x/dt^2=-A\,\omega^2\cos(\omega t+\varphi_o).$$

Bir düz xət üzrə, eyni tezlikdə baş verən iki rəqsin toplanmasından alınan yekun rəqsin amplitudası bu dusturla təyin olunur:

$$A^2=A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_{02}-\varphi_{01}),$$

burada A_1 və A_2 – tərkib rəqslərin amplitudası; φ_{01} və φ_{02} – onların başlanğıc fazasıdır.

Toplanmış rəqslərin başlanğıc fazası belə təyin olunur:

$$tg\varphi_0=\frac{A_1\sin\varphi_{01}+A_2\sin\varphi_{02}}{A_1\cos\varphi_{01}+A_2\cos\varphi_{02}}.$$

Qarşılıqlı uyğun olaraq A_1 və A_2 amplituda və φ_{01} və φ_{02} başlanğıc faza ilə perpendikulyar rəqsdə iştirak edən nöqtənin trayektoriyasının tənliyi

$$\frac{x^2}{A_1^2}+\frac{y^2}{A_2^2}-\frac{2xy}{A_1A_2}\cos(\varphi_{02}-\varphi_{01})=\sin^2(\varphi_{02}-\varphi_{01}).$$

Rəqs periodları:

а) Riyazi rəqqas üçün: T=2π$\sqrt{l/g}$, l – rəqqasın uzunluğudur;

б)Yaylı rəqqas üçün: T=2π$\sqrt{m/k}$, burada m – rəqqasın kütləsi, k –yayın sərtlik əmsalıdır;

в) Fiziki rəqqas üçün: T=2π$\sqrt{J/(mgl)}$, burada J - ətalət momenti, m –rəqqasın kütləsi; və ya T=2π$\sqrt{L/g}$, burada L – gətirilmiş uzunluqdur;

г) burulma rəqqası üçün: T=2π$\sqrt{J/k}$, burada k – elastiklik əmsalıdır.

Rəqs sisteminin tam enerjisi:

$$E=m\upsilon^2/2+kx^2/2=m\omega^2A^2/2=kA^2/2.$$

Sönən rəqslərin tənliyi : $x=A_oe^{-\beta t}\sin(\omega t+\varphi_o)$,

burada $\omega=\sqrt{\omega_0^2-\beta^2}$, ω_0 – sistemin məxsusi rəqslərinin tezliyi, β - sönmə əmsalıdır.

Rəqsin loqarifmik dekrementi $\theta=\ln\dfrac{A(t)}{A(t+T)}=\beta T$,

burada A(t) və A(t+T) – bir birindən bir period zaman intervalında olan ardıcıl rəqslərin amplitudasıdır.

- ***Məsələ həllinə mümunələr.***

- ***Məsələ 1.*** *Yaylı rəqqas 6 san periodla rəqs edir. Hansı minimal vaxtda potensial enerji maksimal enerjinin 25% ni təşkil edir?*

Verilir: $T = 6s$, $E_{pot} = 0{,}25\,\dfrac{kA^2}{2}$

Tapmalı: $t_{min} = ?$

Həlli: $x = A\sin 2\pi t/T$, $kx^2/2 = 0{,}25kA^2/2$

Alınan tənliklər sistemini həll etsək:

$$\frac{t}{T} = \frac{1}{12} \Rightarrow t = 0{,}5 \text{ san}$$

- ***Məsələ 2.*** *Tarazlıq nöqtəsinin ərtafında maddi nöqtənin rəqsi 12 s periodla $x = A\sin\omega t$ qanunu ilə baş verir. Maddi nöqtə hansı minimal t_1 müddətində amplitudun yarısına bərabər yol qət edər? Yolun qalan hissəsini hansı t_2 müddətinə qət edilməlidirki, yerməyişmə maksimum olsun?*

Verilib: $x = A/2$, $T = 12$ s.

Tapmalı: t_1-? t_2-?

Həlli. t_1 zaman anında yerdəyişmənin $A/2$ olması üçün:

$$A/2 = A\sin\omega t_1, \qquad \sin\omega t_1 = 1/2,$$

buradan

$$\omega t_1 = \pi/6, \text{ vəya } (2\pi/T)t_1 = \pi/6.$$

Onda

$$t_1 = T/12 = 1 \text{ s.}$$

Tarazlıq vəziyyətində maksimal yerdəyişməyə sərf olan zaman periodun dörddə biri olduğundan $t = T/4$. Uyğun olaraq terdəyişmənin ikinci yarısına sərf olan zaman müddəti,

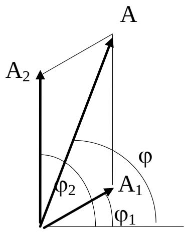
$$t_2 = T/4 - T/12 = 2 \text{ san.}$$

- ***Məsələ 3.*** *Eyni istiqamətdə baş verən iki rəqs toplanır:* $x_1 = A_1 \cos\omega(t+\tau_1)$ *və* $x_2 = A_2 \cos\omega(t+\tau_2)$ *burada* A_1*=1 sm;* A_2*=2 sm;* τ_1*=1/6 s;* τ_2*=1/2 s,* $\omega=\pi$ *rad/s. Tərkib rəqslərin başlanğıc* φ_1 *və* φ_2 *fazalarını, toplanmış rəqsin A amplitudasını və başlanğıc fazasını tapmalı.*

Verilib: A_1*=1 sm;* A_2*=2 sm;* τ_1*=1/6 s;* τ_2*=1/2 s,* $\omega=\pi$ *rad/s*

Tapmalı: φ_1 *,* φ_2 *, A ,* φ

Həlli: Harmonik rəqsin tənliyini bu formada yazaq: $x = A\cos(\omega t+\varphi)$ (1).



Tənliyi məsələnin şərtinə görəiki tənliyin cəmi kimi yazaq:

$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \omega\tau_1)$

və $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \omega\tau_2)$ (2).

Müqaisə aparsaq birinci və ikinci rəqsin başlanğıc fazaları:

$\varphi_1 = \omega\tau_1 = \pi/6$ rad və $\varphi_2 = \omega\tau_2 = \pi/2$ rad alarıq.

Toplanan rəqslərin amplitudasını təyin etmək üçün vektor dioqramdan istifadə edək. Kosinuslar teoreminə görə alarıq:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (3)$$

$\varphi_2 - \varphi_1 = \pi/3$ rad.

A_1, A_2 və $\varphi_2 - \varphi_1$ nin qiymətlərini yerinə yazsaq alarıq: A=2,65 sm. Toplanmış rəqslərin başlanğıc fazasının tangensi həmçinin şəkildən təyin olunur:

$$tg\varphi = \frac{A_1 \sin\varphi_1 + A_2 \sin\varphi_2}{A_1 \cos\varphi_1 + A_2 \cos\varphi_2}.$$

onda $\varphi = \mathrm{arctg}(5/\sqrt{3}) = 70{,}9^0 = 0{,}394\pi$rad.

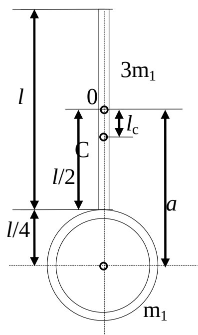
Toplanmış rəqslərin dairəvi tezlikləri eyni olduğundan sonda alınan rəqsin də tezliyi həmin ω tezliyi olacaqdır. Bu halda toplanmış rəqslərin tənliyini yaza bilərik: $x = A\cos(\omega t+\varphi)$, haradakı A=2,65 sm, ω=π rad/s, φ=0,394π rad.

- ***Məsələ 4***. *Kütləsi 10 q olan kürə 0,2 m amplituda və 4 s periodlarəqs edir. Başlanğıc anda x=A. T=1 s anı üçün kürənin kinetik və potensial enerjisini təyin edin*

Verilib: $m=10^{-2}$ *kq,* $A=0{,}2$ *m,* $T=4$ *s,* $x|_{t=0}=A$*,* $t=1$ *s. Tapmalı:* $E_к$*-?* $E_п$*-?*

Həlli: harmonik rəqsin tənliyini yazaq:
$x=A\cos(\omega t+\varphi_o)$, burada $\omega=2\pi/T$. Şərtə görə t=0 olduqda x=A, onda başlanğıc fazanı tapa bilərik: $A\cos(\omega.0+\varphi_o)=A$, $\cos\varphi_o=1$, və $\varphi_o=0$.
Beləliklə, $x=0{,}2\cos[(2\pi/4)t]=0{,}2\cos[(\pi/2)t]$ (m).
Kürənin kinetic enerjisi: $E_к=m\upsilon^2/2$, burada $\upsilon=dx/dt=-A\,\omega\sin\omega t$. $E_к=[mA^2\omega^2\sin^2\omega t]/2$; və $E_к=5.10^{-3}$C.
Kürənin potensial enerjisi isə:
$E_п=kx^2/2=[kA^2\cos^2\omega t]/2=[kA^2\cos^2(\pi/2)]/2$, $E_п=0$.

- ***Məsələ 5.*** *Fizika rəqqas kütləsi* $3m_1$ *, uzunluğu* $l=1$ *m olan çubuğun ucuna birləşdirilmiş kütləsi* m_1 *, diametri* $d=l/2$ *olan silindirdən ibarətdir. Üfüqi OZ oxu çubuğa perpendikulyar olmaqla onun ortasından keçir. Belə rəqqasın periodunu tapın.*



Verilir: $l=1$ *м,* $m_c=3m_1$*,* $d=l/2$*,* $m_o=m_1$
Tapmalı: T - ?

Həlli. Fiziki rəqqasın periodu aşağıdakı dusturla təyin olunur:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl_c}}\,, \qquad (1)$$

Buradda J – rəqs oxuna nəzərən ətalər momenti, m-kütlə, l_c – fırlanma oxundan rəqqsın kütlə mərkəzinə qədər olan məsafədir. Ətalət momenti çubuğun və silindirin ətalət momentlərinin cəminə bərabərdir. Çubuğun J_1 və silindirin J_2:

$$J=J_1+J_2. \qquad (2)$$

Çubuğun ortasından keçib çubuğa perpendikulyar olan oxa nəzərən ətalət momenti $J_1=m_c l^2/12$, və ya

$$J_1=m_1 l^2/4.$$

Silindirin ətalət momentini paralel oxlar haqqında teoremə əsasən tapaq: $J=J_o+ma^2$. Bunu tətbiq etsək, alarıq

$$J_2=m_1(l/4)^2+m_1(3l/4)^2=(5/8)m_1 l^2.$$

J_1 və J_2 ifadələrini nəzərə alsaq, rəqqasın ətalət momenti:

$$J=m_1 l^2/4+(5/8)m_1 l^2=(7/8)m_1 l^2 \text{ olar.}$$

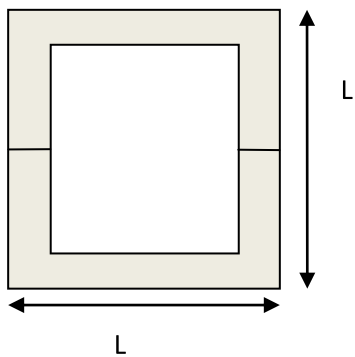
l_c məsafəsi oxdan rəqqasın kütlə mərkəzinə qədər olan məsafədir.

$$l_c=(\sum m_i x_i)/\sum m_i=(3m_1.0+m_1(3l/4))/(3m_1+m_1)=(3/16)l.$$

(1) ifadəsində J, J_c və rəqqasın kütləsini ($m=3m_1+m_1=4m_1$) nəzərə alsaq, period üçün alarıq:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{\frac{7}{8}m_1 l^2}{4m_1 g\cdot\frac{3}{16}l}}=2\pi\sqrt{\frac{7l}{6g}}. \quad T=2{,}17 \text{ s.}$$

- ***Məsələ 6.*** *Tərəfi L olan kvadrat formaya salınmış borunun içərisinə eyni həcmdə sıxlıqları ρ1 və ρ2 olan maye tökülmüşdür. Başlanğıc halda sıxlığı çox olan maye yuxarıda yerləşir. ρ1>ρ2. Müəyyən anda mayelər sərbəst buraxılır, mayelər hərəkətə gəlir. Maksimal sürəti tapmalı. Sürtünməni nəzərə almayın.*



Verilib: ρ_1, ρ_2 .*L*
Tapmalı: V

Həlli: Mayelərin sürəti o zaman maksimum olcaq ki onlar yenidən tarazlıq vəziyyətinə gəlsinlər. Sıxlığı çox olan maye aşağı, sıxlığı az olan maye isə yuxarı hərəkət edəcəkdir. Mayelərin ağırlıq mərkəzi yaxın üfüqi

tərəfdən L/8 məsafəsindədir. Mayelər axandan sonra isə dL=L-2L/8=3L/4 qədər yerini dəyişəcəkdir. Bu zaman potensial enerjinin dəyişməsi: $dE_{pot}=(m_1-m_2)g3L/4=$ (ρ1-ρ2)SLg3L/2. Maksimal kinetik enerji
$E_{kin}=(m_1+m_2)V^2/2=$(ρ1+ρ2)SLV^2.
$dE_{pot}=dE_{kin}$ nəzərə alsaq:

$$v = \sqrt{\frac{3gL(\rho_1-\rho_2)}{2(\rho_1+\rho_2)}}$$

- ***Məsələ 7.*** *L uzunluqlu sapdan asılmış m kütləli cisim ip şaquldan müəyyən bucaq meyl etmiş halda üfüqi müstəvidə firladılır. Cismin firlanma teriodunu təyin edin.*

Həlli: Sap şaquldan meyl etdikdə ağırlıq qüvvəsi və ipin gərilməsi qüvvəsi mərkəzəqaçma qüvvəsi ilə tarazlaşacaq. Üçbucaqların oxşarlığından $mgtg\alpha=m\omega^2r$,
r- cismin fırlandığı çevrənin radiusudur. İpin uzunluğu, çevrənin radiusu və fırlanma müstəvisindən asqı nöqtəsinə qədər məsafə düzbucaqlı üçbucaq əmələ gətirir. Onda r=Lsinα və $\omega^2=\frac{g}{LCos\alpha}$
Nəzərə alsaqki, $\omega=\frac{2\pi}{T}$ onda $T=2\pi\sqrt{\frac{LCos\alpha}{g}}$.

- ***Məsələ 8.*** *Rəqqaslı saat qütbdə düzgün işləyir. Bu saatı ekvatora gətirdikdə sutkada nə qədər geri qalar? Sərbəstdüşmə təcillərinin qütbdə $g_q=9{,}83m/s^2$ və ekvatorda $g_e=9{,}78m/s^2$ olduğunu nəzərə almalı.*

Həlli: Saatın göstərişi rəqqasın rəqslərinin sayı ilə müəyyən olunur. Rəqqas qütbdə sutka ərzində $N_q=\frac{t_0}{T_q}$, ekvatorda isə $N_e=\frac{t_0}{T_e}$ dənə rəqs edir. Rəqqasın periodu qütbdə və ekvatora

$$T_q = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_q}} \text{ və } T_e = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_e}}$$

Kimi təyin olunduğundan və $g_q > g_e$ olduğundan, $T_q < T_e$ və deməli, $N_e < N_q$ olar. Bu səbəbdən də saat ekvatorda geri qalacaq, çünki saatın geri qalması (və eləcə də irəli getməsi) rəqqasın rəqslərinin sayı ilə bağlıdır.

Məsələnin şərtinə görə, saat qütbdə düzgün işləyir, yəni rəqqas t_0 = 1 sutka ərzində N_q dənə rəqs edir. Onda bu rəqqas ekvatorda həmin t_0 = 1 sutka ərzində $N_e < N_q$ dənə rəqs edər ki, bu da saatın Δt qədər geri qalmasına gətirib çıxarar. Beləliklə, bu mütənasibliyə görə tənasüb qursaq:

$$\begin{cases} t_0 \cdots N_q \\ t_0 - \Delta t \cdots N_e \end{cases} \quad \text{və ya} \quad \frac{t_0}{N_q} = \frac{t_0 - \Delta t}{N_e} \quad \text{yaza bilərik.}$$

Buradan N_e və N_q üçün yuxarıdakı ifadələri nəzərə almaqla:

$$T_q \cdot t_0 = T_e \cdot (t_0 - \Delta t) \text{ və ya}$$

$$2\pi\sqrt{\frac{l}{g_q}} \cdot t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_e}} \cdot (t_0 - \Delta t)$$

Və nəhayət

$$\Delta t = t_0 (1 - \sqrt{\frac{g_e}{g_q}}) = 86400 \cdot (1 - \sqrt{\frac{9{,}78}{9{,}83}}) \approx 192 \text{ san}$$

Cavab: 3 dəq. 12 s

- ***Məsələ 9.*** *Planetdə cismin ekvatordakı çəkisi qütbdəki çəkisindən n dəfə kiçikdir. Planet maddəsinin sıxlığı ρ-dur. Planetin öz oxu ətrafında fırlanma periodunu tapmalı.*

Həlli. Planet səthində cismə N reaksiya qüvvəsi və F cazibə qüvvəsi təsir edir. Planetin kütləsi

$$M=\rho V=\frac{4}{3}\pi R^{3}\rho$$

R -planetin radiusu , m- cismin kütləsidir.

Ekvatorda isə $N_e=F-\omega^2 mR$

$$N_e=\frac{4}{3}\pi\rho R^3-m4\pi^2 R/T^2 \qquad N_e=\frac{1}{n}N_q$$

olduğundan $\frac{1}{n}\frac{4}{3}\pi\rho RG=\frac{4}{3}\pi\rho RG-4\pi^2 m\frac{R}{T^2}$

$$4\pi^2 m\frac{R}{T^2}=\frac{4}{3}\pi\rho RG(1-\frac{1}{n})$$

$$\frac{\pi m}{T^2}=\frac{\rho G}{3}\frac{n-1}{n}$$

sonda $T=\sqrt{\frac{3\pi mn}{\rho G(n-1)}}$

- ***Məsələ 10.*** *Yaydan asılış cisim üzərinə müəyyən qədər yük əlavə etdikdə rəqs periodu T_1-dən T_2-ə kimi dəyişdi. Yayın əlavə uzanmasını təyin edin.*

Verilib: T_1, T_2.
Tapmalı: Δl

Həlli: Yaylı rəqqsın rəqs periodu $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ kimi təyin olunur. M- cismin kütləsi, k yayın sərtliyidir. Məsələnin şərtinə uyğun olaraq cisim üzərinə yük qoyulmadan əvvəl:

$T_1=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ əlavə yük qoyulduqdan sonra rəqs periodu

$$T_2=2\pi\sqrt{\frac{(m+\Delta m)}{k}},$$

kvadrata yüksldib tərəf trəfə çıxsaq:

$$T_2^2 = \frac{4\pi^2(m+\Delta m)}{k} \qquad T_2^2 - T_1^2 = \frac{4\pi^2 \Delta m}{k}$$

Sərtlik əmsalının təyininə görə

$$k = \frac{F}{\Delta t} = \frac{\Delta m g}{\Delta l}$$

Buradanda alarıq:

$$T_2^2 - T_1^2 = 4\pi^2 \frac{\Delta l}{g}$$

və ya $\Delta l = \frac{g}{4\pi^2}\left(T_2^2 - T_1^2\right) = 2{,}7sm$

- ***Məsələ 11**. Futbol topunun divara zəif zərbəsi zamanı zərbə müddətini qiymətləndirin.*

Həlli. Sadə olsun deyə topun deformasiyasını yalnız x-la xarakterizə edək: x<<R olsun. R- topun radiusu olsun. Kiçik yaxınlaşmada, hesab etmək olar ki, əlavə təzyiq zərbə müddətində sabit qalacaq. Divar tərəfindən topa təsir edən F qüvvəsi F=pS olacaq. S- topun divara toxunduğu sahədir. $F = \pi r^2 p \approx 2\pi x R p$. Kiçik deformasiyalarda F~x olduğundan divarda topun hərəkət tənliyi $a+\omega^2 x=0$ ω-rəqsin dairəvi tezliyidir. $\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = 2\pi RP/m$

m-topun kütləsidir. Zərbədən sonra topun əvvəlki vəziyyətini bərpa edəcəyini fərz etsək, zərbə müddəti periodun yarısına bərabər olacaq $t \approx \sqrt{\frac{2\pi m}{PR}}$

Təqribi qiymətləndirmə aparaq: m=0,5kq, p=10^5 Pa, r=0,1m qəbul etsək $t \approx 2 \cdot 10^{-2} san$ alarıq.

- ***Məsələ 12.*** *a uzunluqlu riyazi rəqqasın rəqs periodu T_1, b uzunluqlu riyazi rəqqasın rəqs periodu T_2– dir. Uzunluğu a+b olan riyazi rəqqasın rəqs periodunu tapın.*

Həlli: Birinci rəqqasın rəqs period

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}} \quad (1)$$

uyğun olaraq ikinci rəqqasın rəqs periodu

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{b}{g}} \quad (2)$$

Uzunluğu $a+b$ olan rəqqasın rəqs periodu isə

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a+b}{g}} \quad (3)$$

(1)-dən $$T_1^2 = \frac{4\pi^2}{g} \cdot a$$

və (2)-dən $$T_2^2 = \frac{4\pi^2}{g} \cdot b$$

(3)-dən $$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}(a+b) = T_1^2 + T_2^2$$ və

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}.$$

- ***Məsələ 13.*** *Sərtlik əmsalları k_1 və k_2 olan yayları ardıcıl və paralel qoşduqda rəqs periodları necə fərqlənər?*

Həlli: Yayların ardıcıl birləşməsi zamanı rəqs periodu

$$T_{ard} = 2\pi\sqrt{\frac{m(k_1+k_2)}{k_1 k_2}}$$

Yayların paralel birləşməsi zamanı rəqs pediodu

$$T_{par} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1+k_2}}$$

Nisbəti tapsaq alarıq:

$$\frac{T_{ard}}{T_{par}} = \sqrt{\frac{k_1+k_2}{k_1 k_2}} \cdot \sqrt{\frac{k_1+k_2}{1}} = \frac{k_1+k_2}{\sqrt{k_1 k_2}}$$

- ***Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.***

Harmonik rəqsin kinematikası.

8.1. Amplitudası 5 sm olan rəqqas 1 dəq ərzində 150 rəqs icra edir. Başlanğıc faza 45^o.olarsa, rəqsin tənliyini yazın.
8.2. Amplitudası A=3sm və tsiklik tezliyi $\omega=\pi/2$ rad/san ilə rəqs edən nöqtənin maksimal v_{max} və a_{max} təcilini tapmalı.
8.3. Maddi nöqtə harmonik rəqs edir. Ən böyük yerdəyişməsi 10 sm, ən böyük sürəti isə 20sm/san olarsa, maksimal təcili və tsiklik tezliyi təyin edin.
8.4. Maddi nöqtə $x=A$ sin ωt qanunu ilə rəqs edir. Müəyyən anda yerdəyişmə x_1=5sm oldu. Faza iki dəfə artdıqda yerdəyişmə x_2 =8 sm oldu. Amplitudanı təyin edin.
8.5. Eyni 8 san periodlu və eyni 0,02 m amplitudlu eyni istiqamətdə baş verən iki rəqsin toplanmasından alinan rəqsin tənliyini yazın. Rəqslərin fazaları fərqi $\pi/4$ -ə bərabərdir. Rəqslərin birində başlanğıc faza sıfra bərabərdir.
8.6. Verilmiş $x_1=0{,}02\sin(5\pi t+\pi/2)$ m və $x_2=0{,}03\sin(5\pi t+\pi/4)$ m. Iki rəqsin toplanması olan rəqsin amplitudasını və başlanğıc fazasını təyin edin.
8.7. Maddi nöqtə amplitudu və periodu eyni olan iki rəqsdə iştirak edir. Rəqslərin amplitudası A_1=3 sm və A_2=4 sm-dır. 1) rəqslər eyni istiqamətdə baş verərsə 2) rəqslər perpendikulyar olmaqla baş verərsə, toplanmış rəqsin amplitudasını tapın.
8.8. Nöqtə eyni zamanda iki perpendikulyar rəqsdə iştirak edir: $x=2\sin\omega t$ (m) və $y=2\cos\omega t$ (m). Nöqtənin trayektoriyasını təyin edin.
8.9. Nöqtə iki perpendikulyar rqsdə eyni zamanda iştirak edir. $x=\sin\pi t$ və $y = 2\sin(\pi t+\pi/2)$. Nöqtənin trayektoriyasını təyin edin.
8.10. Maddi nöqtə qarşılıqlı perpendikulyar olan iki rəqsdə eyni zamanda iştirak edir. $x=\sin\pi t$ və $y=4\sin(\pi t+\pi)$. Nöqtənin trayektoriyasını təyin edin.
8.11. Amplitudları nisbəti 3:1, fazalar fərqi π olan eyni istiqamətdə baş verən rəqsləri toplayın.

8.12. Periodlar 1,5 san və ampııtudları 2 sm olan eyni istiqamətdə baş verən rəqslər toplanır. Rəqslərin başlanğıc fazaları $\varphi_1=\pi/2$ rad və $\varphi_2=\pi/3$ rad-dır. Toplanmış rəqslərin amplitudunu və başlanğıc fazasını təyin edin. Rəqsin tənliyini yazın.
8.13. Periodlar 2 san və amplitudaları 3 sm olan eyni istiqamətdə baş verən üç rəqs toplanır. Rəqslərin başlanğıc fazaları uyğun olaraq $\varphi_1=0$, $\varphi_2=\pi/3$ rad və $\varphi_3=2\pi/3$ rad-dır. Amplitudların toplanmasının vektor dioqramını qurun. Toplanmış rəqsin amplitudunu və başlanğıc fazasını təyin edin.

- ***Harmonik rəqslərin dinamikası.***

8.14. Kütləsi 50 q olan maddi nöqtə harmonik rəqs edir: $x=A\cos\omega t$, haradakı A=10 sm, ω=5 rad/san. 1) faza $\omega t=\pi/3$ rad olduqda 2)maksimal yerdəyişmə zamanı maddi nöqtəyə təsir edən qüvvəni tapmalı.
8.15. Maddi nöqtənin rəqsi verilib: $x=A\cos\omega t$, burada A=20 sm, $\omega=2\pi/3$ rad/san-dir. T=1 san anında təsir edən qüvvəni və rəqqasın tam enerjisini tapın. Maddi nöqtənin kütləsi 10 q-dır.
8.16. Amplitudası 0,1 m, tezliyi 2 Hs başlanğıc fazası 30^0, və tam enerjisi 7,7mC olan rəqsdə rəqqasın kütləsini təyin edin. Nəqədər vaxtdan sonra kinetik enerji potensial enerjiyə bərabər olacaq?
8.17. Yaya başlanmış 250 q kütləli yük şaquli istiqamətdə T=1s periodla rəqs edir. Yayın sərtliyini tapın.
8.18. Sərtliyi 1 kN/m olan yaydan asılmış yük 4 sm amplitudla rəqs edir. Rəqqasın tam enerjisini təyin edin.
8.19. Bircins çubuq bir ucundan keçən üfüqi ox ətrafında kiçik rəqslər icra edir. Çubuğun uzunluğu 0,5 m –dir. Çubuğun rəqslərinin periodunu tapın.
8.20. Uzunluğu 0,5 m olan bircins çubuq yuxarı ucundan 10 sm aşağıdan keçən üfüqi ox ətrafında kiçik rəqslər edir. Rəqslərin periodunu tapın.
8.21. Bircins kürə uzunluğu kürənin radiusuna bərabər olan ipdən asılmışdır. Bu rəqqasın kiçik rəqslərinin periodu, uzunluğu asqı nöqtəsindən kürənin ağırlıq mərkəzinə qədər olan riyazi rəqqasın periodundan neçə dəfə fərqlənir?

8.22. Spiralvari yaya birləşdirilmiş halqadan ibarət burulma rəqqasıın periodu T=4 san-dir. Yayın sərtliyi $k=10^{-2}$ N/m olarsa ətalət momentini təyin edin. Sürtünməni nəzərə almayın.
8.23. Uzunluğu 40 sm olan riyazi rəqqas və uzunluğu 60 sm olan çubuqdan ibarət fiziki rəqqas eyni üfüqi ox ətrafında sinxron rəqs edir. Fırlanma oxundan çubuğun kütlə mərkəzinə qədər məsafəni tapın.
8.24. Divara üfüqi çalınmış mismardan asılmış halqa divara paralel olaraq rəqs edir. Halqanın radiusu 30 sm-dır. Halqanın rəqs periodunu tapın.
8.25*. Kütləsi m=50 q, diametri d=1 sm olan borudan ibarət areomet suda üzür. Areometri bir azca suya batırıb buraxdılar. Nəticədə onun rəqsi yaranır. Bu rəqslərin periodunu tapın.

- ***Sönən rəqslər.***

8.26. Sönən rəqslərin amplitudası t_1=5 dəq iki dəfə azaldı. Hansı t_2, müddətində amplituda səkkiz dəfə azalar.
8.27. 8 dəqiqə ərzində sönən rəqslərin amplitudası üç dəfə azaldı. Sönmə əmsalını tapın.
8.28. Uzunluğu 1 m olan rəqqasın amplitudası 10 dəq ərzində iki dəfə azaldı. Rəqsin loqarifmik dekrementini təyin edin.
8.29. Rəqsin loqarifmik dekrementi 0,003-ə bərabərdir. Amplitudanın iki dfə azalmasına sərf olan vaxtda rəqqas tam neçə rəqs edə bilər?
8.30. Kütləsi m=0,2 kq olan yük sərtliyi k=50N/m olan yaydan asılmış və yağ daxilində rəqsə gətirilir. Yağda sürtünmə əmsalı r=0,5kq/s olarsa, rəqslərin tezliyini tapmalı.

Əbu Əli Hüseyn ibn Sina (16 avqust 980-ci ildə Buxara –Əfşanə- 1038 Həmadan).

O, balaca yaşlarından elmə maraq və istedad göstərərək, 10 yaşı olanda demək olar ki, bütün Quranı əzbər bilirdi. 14 yaşı olanda Hüseyni həkimlik maraqlandırmağa başladı. O, Buxarada o vaxtlar təbabət barədə yazılan bütün ədəbiyyatı oxuyub, xəstələrə baxmağa başladı. 17 yaşlı ibn Sinanı əmirin şəxsi həkimi oldu. O, sarayın kitabxasından istifadə etməyə icazəsi olduğuna görə, yeni fənləri öyrənməyə başladı. Ümumiyyətlə, İbn Sina 29 fənn üzrə ən azı 450 kitab və elmi iş yazıb, lakin bizə çatanların sayı cəmi 274-dür. İbn Sina o vaxt olan bütün elmləri tədqiq etmişdir. Fizika, həkimlik, filosofiya, riyaziyyat, həndəsə, biologiya, psixologiya, metafizika - bunlar hamısı İbn Sina vasitəsilə yenidən işıq üzü gördülər. İbn Sina mexanika ilə maraqlanırdı və bəzi cəhətlərdən bu elmə bəzi dəyişikliklər yeritdi. O, çox-çox illər sonra kəşf edilən elementlərin xassə uyğunluğunu qeyri-ümumilləşdirilmiş halda vermişdi. Onun ən məşhur kitabları "Kitabəl qanun fit-tib", "Əl ədviyatəl-qəlbiyə", "Urcusi fit-tib" və başqalarıdır. Riyaziyyat, astronomiya, həndəsə sahələrində geniş tədqiqatlar aparan, "Böyük həkim" kimi qəbul edilən İbn Sina İsaak Nyutondan 500 il əvvəl fizika dinamikasının ilk qanununu "Şəfa" adlı 18 cildlik ensiklopediyasında açıqlamışdır. İbn Sinanın fəaliyyətləri tibblə bərabər, riyaziyyat, fizika, metafizika, teologiya, iqtisadiyyat, siyasət və musiqi sahələrini də əhatə edir. İbn Sina fəlsəfə sahəsində də istər şərq, istərsə də qərb filosoflarına təsir etmişdir. Əsərləri XII əsrdə latın dilinə tərcümə edilmiş və bundan sonra bütün dünyaya yayılmışdır. İbn Sinanın əsərləri təxminən 8 əsr boyu dünya kitabxanalarının baş guşələrində yer almışdır. 1015-ci ildə Həmadana gələrək, buranın əmiri Şəms-əd-Dövlün vəziri olur.

ƏLAVƏLƏR.

Məsələ həllində istifadə olunan əsas dustur və ifadələr

1. İrəliləmə hərəkətinin kinematikası

$V=\frac{\Delta r}{\Delta t}$ – orta sürət;

$v_{orta.}=\frac{S}{t}$ – trayektoriya üzrə (yola görə) orta sürət;

$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}$ – ani sürət;

$v=\frac{dS}{dt}$ – ani sürətin qiyməti;

$v_x=\frac{dx}{dt}$ – sürətin OX oxu üzrə proyeksiyası;

$a=\frac{\Delta V}{\Delta t}$ – orta təcil;

$\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}$ – ani təcil;

$a_x=\frac{dv_x}{dt}$ – təcilin OX oxu üzrə proyeksiyası;

Bərabər dəyişən (bərabərtəcilli) hərəkət ($\vec{a}$=const):

$\vec{r}=\vec{r}_0+\vec{v}_0 t+\frac{\vec{a}t^2}{2}$ – maddi nöqtənin radius vektoru;

$\Delta S=v_0 t+\frac{a_\tau t^2}{2}$; $\Delta S=\frac{v^2-v_0^2}{2a_\tau}$; $\Delta S=\frac{v+v_0}{2}t$ – yolun uzunluğu;

$\vec{v}=\vec{v}_0+\vec{a}t$ – bərabərtəcilli hərəkətdə sürət.

2. Firlanma hərəkətinin kinematikası.

$a_\tau=\frac{dv}{dt}$ – tangensial (toxunan-xətti) təcilin qiyməti;

$a_n = \frac{v^2}{R}$ – normal (mərkəzəqaçma) təcilinin qiyməti;

$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ – tam təcil;

$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$ – tam təcilin modulu;

$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$ – bucaq sürəti;

$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ – bucaq təcili;

$\Delta S = R\Delta\varphi$; $v = R\omega$; $a_\tau = R\varepsilon$ – xətti və bucaq kmiyyətləri arasında əlaqə (yol, sürət, təcil);

$\Delta\varphi = 2\pi \cdot N$ – dönmə bucağı;

$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ – fırlanma periodu ilə bucaq sürəti arasında əlaqə.

Bərabərdəyişən (bərabərtəcilli) fırlanma hərəkti (ε=const):

$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$ – bucaq koordinatı; $\Delta\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$;

$\Delta\varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} t$ – dönmə bucağı;

$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$ – bucaq sürəti.

2.Dinamika. İş. Enerji. Enerjinin saxlanma qanunu.

$\vec{a} = \frac{\sum_i \vec{F}_i}{m}$; $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ ($\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$) – Dinamikanın II qanunu;

$\vec{p} = m\vec{v}$ –cismin impulsu;

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ – dinamikanın III qanunu;

$F_{тяг.} = \gamma \dfrac{m_1 m_2}{r^2}$ – ümüm dünya cazibə qanunu;

$F_{ağ}=mg$; $F_{elas}=-kx$: $F_{sür}=\mu N$;– ağırlıq qüvvəsi, elastik qüvvə v sürtünmə qüvvəsi;

$P = m(g \pm a)$ – cismin çəkisi; $\rho = \dfrac{m}{V}$ – cismin sıxlığı;

Kütlə mərkəzinin radius vektoru:
$R_{kütlə\ mərkəzi} = \Sigma m_i r_i / \Sigma m_i$
İmpulsun saxlanma qanunu $\Sigma F^{xarici}_i=0$:
$\Sigma P_{i-başl}=\Sigma P_{i-son}=0$ impulsun saxlanması qanunu;

$dA = \vec{F}d\vec{S} = FdS\cos\alpha$; $A = \int \vec{F}d\vec{S}$ – qüvvənin işi;

$P = \dfrac{dA}{dt}$; $P = \vec{F}\,\vec{v}$ güc;

$\eta=A_{faydalı}/A_{tam}$ – faydalı iş əmsalı;
$\Delta E=A_{dax.qüv}$: $E_{tam1}=E_{tam2}+A_{xar.qüv.qarşı}$ – sistemin tam enerjisinin saxlanması qanunu;
$E_{mex1}=E_{mex.2}+A_{xar.qüv.qarşı}+A_{dissipativ\ qüv.qarşı}$ – mexaniki enerjinin saxlanması qanunu;

$E_{кин.} = \dfrac{m v^2}{2}$ – irəliləmə hərəkətinin kinetik enerjisi;

$E_{pot}=mgh$– yerdən müəyyən yüksəklikdə olan cismin potensial enerjisi ($h<<R_{yer}$);
$E_{pot}= k(\Delta l)^2/2$ – elastik deformasiya olunmuş cismin potensial enerjisi;
$F=-gradE_{pot}$ – konservativ qüvvə ilə potensial enerji arasında əlaqə.
Əgər $\Sigma F^{xarici}_i=0$, onda $E_{tam1}=E_{tam2}$ –tam enerjinin saxlanma qanunu.
Əgər $\Sigma F^{xarici}_i=0$, bu halda dissipative qüvvəlr yoxdur və $E_{tam1}=E_{tam2}$ –tam mexaniki enerjinin saxlanma qanunu.

3. Fırlanma hərəkətinin dinamikası. Fırlanma hərəkətinində iş və enerji. Enerjinin və impuls momentinin saxlanması qanunu

$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$ $(M = Fl)$ – qüvvə momenti;

$I = \int_m r^2 dm$ $(I = \sum_i m_i r_i^2)$ – cismin ətalət momenti;

$J_{\text{maddi nöqtə}} = mR^2$ – maddi nöqtənin ətalət momenti;

$J_{\text{kürə}} = mR^2$, $J_{\text{silindir}} = mR^2/2$, $J_{\text{qalın halqa}} = m(R_1^2 + R_2^2)/2$,

$J_{\text{kürə}} = 2mR^2/5$,

$J_{\text{çubuq}} = mL^2/12$; – kütlə mərkəzlrindən keçən oxa nəzərən ətalt momentləri, $J_{\text{çubuq}} = mL^2/3$ – bir ucundan keçən oxa nəzərən ətalət momenti,

$I = I_C + md^2$ – Paralel oxlar haqqnda teorem;

$\varepsilon_z = \dfrac{\sum M_z}{I_z}$ – frlanma hərəkətinin dinamikasının əsas tənliyi.

$\vec{L} = [\vec{r} \times \vec{p}]$; $\vec{L} = I\vec{\omega}$ – maddi nöqtənin: cismin impuls momenti;

$\vec{M} = \dfrac{d\vec{L}}{dt}$ $(\Delta\vec{L} = \vec{M}\Delta t)$ – fırlanma hərəkəti dinamikasının qanunu –impuls momentinin dəyişməsi kimi

Əgər $\sum_i \vec{M}_i = 0$, onda $\sum_i \vec{L}_{i\,нач.} = \sum_i \vec{L}_{i\,кон.}$ – impuls momentiinin saxlanması qanunu

$dA = Md\varphi$ – fırlanma hərəkətində iş;

$E_{кин.} = \dfrac{I\omega^2}{2}$ – fırlanma hərəkətinin kinetik enerjisi.

4. Bərk cismin elastik xassləri.

$\varepsilon_{||} = \dfrac{\Delta l}{l}$ – nisbi uzanma; $\varepsilon_{\perp} = \dfrac{\Delta d}{d}$ – nisbi eninə sıxılma;

$\sigma = \dfrac{dF}{dS}$ $(\tau = \dfrac{dF}{dS})$ – normal (tangensial) mexaniki gəərginlik;

$F = k\Delta l$; $\varepsilon_{||} = \dfrac{\sigma}{E}$ – Huk qanunu; $K_{\Pi} = \varepsilon_{\perp} / \varepsilon_{||}$ – Puasson əmsalı;

$E_{nom.} = \dfrac{k(\Delta l)^2}{2}$ – elastik deformasiya olunmuş cismin potensial enerjisi;

$w = \dfrac{dW}{dV}$ – enerjinin həcmi sıxlığı;

$\gamma = \dfrac{\tau}{G}$ – sürüşmə deformasiyası üçün Huk qanunu; haradakı γ – sürüşmə deformasiya əmsalıdır.

$G = \dfrac{E}{2(1+K_{\Pi})}$; $G \approx 0.4E$ – Yunq modulu ilə sürüşmə modulu arasında əlaqə.

5. Mexaniki rəqslər və dalğalar.

– rəqs edən nöqtənin yerdəyişməsi; $x = A\cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$;

– rəqs edən nöqtənin sürəti; $\text{v} = \dfrac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$;

– rəqs edən nöqtənin təcili; $a = \dfrac{d\text{v}}{dt} = -\omega^2 A\cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$

– harmonik rəqsin diferensial tənliyi; $\dfrac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

– harmonik rəqsdə qaytarıcı elastik qüvvə; $F = -\omega^2 mx = -kx$

- yaylı rəqqasın dairəvi rəqs tezliyi $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

- yaylı rqqasın periodu, $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

- fiziki rəqqasın period $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{J}{mgl}}$

- riyazi rəqqasın period $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

- Burulma rəqqasının period $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{k}},\ k = -\frac{M}{\alpha}$; ,burada k burulma əmsalıdır.

–enerjinin saxlanma qanunu; $E_{tam}=kA^2/2$;

$$\frac{m\mathrm{v}^2}{2} + \frac{m\omega^2 x^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

– bir istiqamətli eyni tezlikli rəqslərin toplanmasından alınan rəqsin amplitudası $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}$;

- bir istiqamətli eyni tezlikli rəqslərin toplanmasından alınan rəqsin başlanğıc fazası $\varphi_0 = arctg\,\frac{A_1\sin\varphi_{01} + A_2\sin\varphi_{02}}{A_1\cos\varphi_{01} + A_2\cos\varphi_{02}}$

– qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətdə eyni tezliklə rəqs edən maddi nöqtənin trayektoriyasır;

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - 2\frac{xy}{A_1A_2}\cos(\Delta\varphi) = \sin^2(\Delta\varphi)$$

– sönən rəqslərin differensial tənliyi; $\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$

– sönməyən məxsusi rəqslərin dairəvi tezliyi; $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

– sönmə əmsalı; $\beta = \frac{r}{2m}$

-sönən rəqslərdə müqavimət qüvvəsi: F=-rv

– sönən rəqslərin tənliyi: $x = A_0\,e^{-\beta t}cos(\omega t + \varphi_0)$

– sönən rəqslərin tsiklik tezliyi; $\omega_{sönən} = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$

– sönən rəqslərin amplitudu; $A(t) = A_0 e^{-\beta\cdot t}$

– Sönmənin loqarifmik dekrementi; $\lambda = \ln\frac{A_n}{A_{n+1}} = \beta\cdot T$

– məcburi rəqslərin differensial tənliyi;

$$\frac{d^2x}{dt^2}+2\beta\frac{dx}{dt}+\omega_0^2x=f_0\cos(\omega t)\ \text{(burada}\ f_0=\frac{F_0}{m}\text{)}$$

– tarazlıq vəziyytindən yerdəyişməsi; $x=A cos(\omega\cdot t-\varphi_0)$;

–tarazlıq vəziyytindən amplitudası; $A=\dfrac{f_0}{\sqrt{\left(\omega_0^2-\omega^2\right)^2+4\beta^2\omega^2}}$;

– tarazlıq vəziyytindən başlanğıc fazası; $\varphi_0=arctg\,\dfrac{2\beta\omega}{\omega_0^2-\omega^2}$

– rezonans tezliyi; $\omega_{rezonans}=\sqrt{\omega_0^2-2\beta^2}$

– müstəvi dalğaların tənliyi; $\xi=A\cos(\omega t-kx)$,

– sferik dalğaların tənliyi; $\xi=\dfrac{A}{r}\cos\left(\omega t-\vec{k}\vec{r}\right)$

– dalğa ədədi (dalğa vektoru); $k=\dfrac{2\pi}{\lambda}=\dfrac{\omega}{\mathrm{v}}$

– dalğa uzunluğu; $\lambda=\mathrm{v}T=\dfrac{\mathrm{v}}{\nu}$

– qazlarda səsin sürəti $\mathrm{v}_{газ.}=\sqrt{\dfrac{\gamma\cdot RT}{\mu}}$ (hava üçün $\gamma=1.4$);

- dalğaların yayılma sürəti: $V=\sqrt{\dfrac{RTC_p}{\mu C_v}}$

7. Akustika.

– Dalğanın intensivliyi $J=\dfrac{dW}{\Delta S dt}=\omega C_{səs}$ ($C_{səs}$. – səsin sürəti);

– enerjinin orta həcmi sıxlığı; $w=\dfrac{\rho A^2\omega^2}{2}$

– səsin intensivlik səviyyəsə $L_I=\lg\dfrac{I}{I_0}$ (B) ; $L_I=10\lg\dfrac{I}{I_0}$ (dB) (burada $I_0=10^{-12}$ Vt/m^2 – eşitmənin sərhəddi);

– səs təzyiqinin səviyyəsi; $L_P = 20\lg\dfrac{\Delta p}{\Delta p_0}$ (dB)

– Səsin təzyiqinin amplitudası; $\Delta p = \sqrt{2\rho \cdot C_{зв.} \cdot I} = \rho\omega \cdot C \cdot A$

– mühitin dalğa müqaviməti; $Z = \rho \cdot C_{зв.}$

– Birmühitdən digərinə keçdikdə səsin nüfuzetmə və qayıtma

əmsalları. $\beta = \dfrac{4\dfrac{Z_1}{Z_2}}{\left(\dfrac{Z_1}{Z_2}+1\right)^2}$; $r = \left(\dfrac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\right)^2$

8. Nisbilik nəzəriyyəsi.

– relyativist uzunluq; $l = l_0\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}$

– relyativist zaman: $\tau = \dfrac{\tau_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

– sükunət enerjisi $E_0 = mc^2$

– kinetik enerji; $E_{кин.} = E - E_0 = mc^2\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} - 1\right)$

– tam enerji; $E = \dfrac{mc^2}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

– enerji və impuls əlaqəsi;
$E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$

– sürətlərin relyativist toplanması; $\mathrm{v} = \dfrac{\mathrm{v}' + \mathrm{v}_0}{1 + \dfrac{\mathrm{v}'\mathrm{v}_0}{c^2}}$; $\mathrm{v}' = \dfrac{\mathrm{v} - \mathrm{v}_0}{1 - \dfrac{\mathrm{v}\mathrm{v}_0}{c^2}}$

– relyativist impuls; $\vec{p} = \dfrac{E}{c^2}\vec{\mathrm{v}}$; $p = \dfrac{m\mathrm{v}}{\sqrt{1 - \dfrac{\mathrm{v}^2}{c^2}}}$

– dinamika qanunu. $\vec{F} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

9. Maye və qazların mexanikası.

– kəsilməzlik tənliyi; $S_1\mathrm{v}_1 = S_2\mathrm{v}_2$

– təzyiq; $p = \dfrac{dF}{dS}$

– hidrostatik təzyiq; $P_{statik} = \rho g h$

– İtələyici qüvvə; $F_{itələyici} = \rho_{maye} g V_{batmış}$

– Bernulli tənliyi; $\rho g h + \dfrac{\rho \cdot \mathrm{v}^2}{2} + p = const$

– maye və qaz layları arasında özlü sürtünmə qüvvəsi;

$$\vec{F} = -\eta \frac{d\vec{\mathrm{v}}}{dx} S$$

– kinematik özlülük; $\nu = \dfrac{\eta}{\rho}$

– Reynolds ədədi; $Re = \dfrac{\langle \mathrm{v} \rangle \cdot d}{\nu}$

-Stoks qanunu $\vec{F} = -6\pi\eta r v$

– həcmi sərf; $Q = \dfrac{dV}{dt}$

– Puazeyl dusturu. $Q = \dfrac{\pi \cdot r^4 \Delta p}{8\eta l}$

Əbülhəsən Bəhmənyar Azərbaycanı-(-993-1066- Səlcuq İmperiyası). əvvəl zərdüşt olmuş, sonralar islamı qəbul etmişdir. Azərbaycan filosofu, Şərq peripatetizminin nümayəndəsi, İbn Sinanın şagirdi və davamçısı. Bəhmənyara görə, hər şeyin əsasını ən ümumi mənada varlıq təşkil edir. Bütün varlığı vacib və mümkün olmaqla iki qismə ayrılır. Vacib varlıq zəruridir, mütləq mövcuddur, səbəbsizidir. Mümkün varlıq qeyri-mövcud və mövcud fərz ediləndir, onun varlığı və yoxluğu birsəbəblidir, daha doğrusu, o, nəticədir. Mütəkəllimlər (ortodoksal müsəlman sxolastları) ilk səbəblə nəticə arasında zaman fərqini inkar etmək fikrinə qarşı çıxmış, onu dinə zidd müddəa elan etmişlər. Bir sıra fəlsəfi kateqoriyalar haqqında Bəhmənyarın mülahizələri bu gün də öz elmi əhəmiyyətini saxlayır. Bəhmənyar hərəkət, məkan və zaman kateqoriyalarının şərhini vermiş, onların vəhdətini, bir-birindən ayrılmazlığını göstərmişdir. Bəhmənyar idrakda hissi və rasional momentlərin əlaqəsinin düzgün şərhini vermişdir.

Bəhmənyar məntiqdə anlayış, hökm, istidlal və onlarla bağlı bəhsləri geniş işıqlandırmışdır. Onun "Təhsil kitabı" (1971-ci ildə Tehranda ərəb dilində çapdan çıxmışdır), "Məntiqə dair zinət kitabı", "Gözəllik və səadət kitabı", "Musiqi kitabı", "Metafizika elminin mövzusuna dair traktat" və "Mövcudatın mərtəbələri" (sonuncu iki əsər 1851-ci ildə Leypsiqdə ərəb və alman, 1911-ci ildə Qahirədə ərəb dilində nəşr olunmuşdur) Şərq elminin inkişafına güclü təsir göstərmişdir. Bəhmənyarın yaradıcılığında "Təhsil kitabı" öz həcminin genişliyinə və məzmununun dərinliyinə görə xüsusi yer tutur.

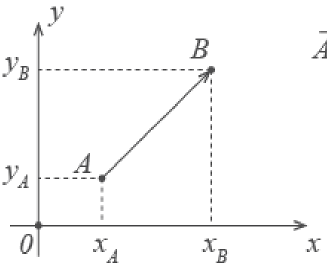
Orta əsrlər müsəlman Şərqində fəlsəfi fikrin inkişafında Bəhmənyarın böyük rolu olmuşdur. Əbül -Abbas Ləvkəri, Əfzələddin Xunəci, Nəsirəddin Tusi, Siracəddin Urməvi onun davamçılarıdır

B Ə Z İ R İ Y A Z İ D U S T U R L A R.

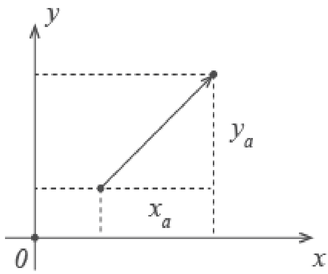
Əlavə-1 Müxtəsər dusturlar:

$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$,
$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$,
$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$,
$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2 b + 3ab^2 + b^3$,
$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2 b + 3ab^2 - b^3$,
$(a + b)(a^2 - ab + b^2) = a^3 + b^3$,
$(a - b)(a^2 + ab + b^2) = a^3 - b^3$.

Əlavə 2. Vektorlar. Vektorlar üzərində əməllər



$\overrightarrow{AB}(x_B - x_A \, , \, y_B - y_A)$

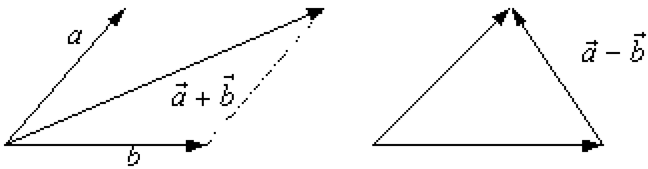


$|\vec{a}| = \sqrt{x_a^2 + y_a^2}$

$$\vec{a}(x_a;y_a;z_a) \qquad \vec{b}(x_b;y_b;z_b)$$

$$\vec{a}+\vec{b}=(x_a+x_b;y_a+y_b;z_a+z_b)$$

$$\vec{a}-\vec{b}=(x_a-x_b;y_a-y_b;z_a-z_b)$$



Əlavə 2.1 Ort vektorlar X.Y və Z oxu üzrə uzunluğu vahid olan vektorlar.

$$\vec{a}=a_x\vec{i}+a_y\vec{j}+a_z\vec{k} \qquad \vec{b}=b_x\vec{i}+b_y\vec{j}+b_z\vec{k}$$

$$\left(\vec{i},\vec{i}\right)=\left(\vec{j},\vec{j}\right)=\left(\vec{k},\vec{k}\right)=1, \quad \left(\vec{i},\vec{j}\right)=\left(\vec{i},\vec{k}\right)=\left(\vec{j},\vec{i}\right)=\left(\vec{j},\vec{k}\right)=\left(\vec{k},\vec{i}\right)=\left(\vec{k},\vec{j}\right)=0.$$

Vektorun modulu $|\vec{a}|=\sqrt{(\vec{a},\vec{a})}=\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2}$

Əlavə 2.2 Vektorların skalyar hasili

$$\left(\vec{a},\vec{b}\right)=\vec{a}\cdot\vec{b}=|\vec{a}|\cdot\left|\vec{b}\right|\cdot\cos(\vec{a},\hat{\ }\vec{b})$$

Skalyar hasilin xassələri

1. $\left(\vec{a},\vec{b}\right)=\left(\vec{b},\vec{a}\right)$;

2. $\left(\vec{a},\vec{a}\right)=|\vec{a}|^2$ (vektorun skalyar kvadratı onun uzunluğunun kvadratına bərabərdir)

3. $\left(\vec{a}+\vec{b},\vec{c}\right)=(\vec{a},\vec{c})+\left(\vec{b},\vec{c}\right)$;

4. $\left(\alpha\vec{a},\vec{b}\right)=\alpha\left(\vec{a},\vec{b}\right)$;

5. $\left(\vec{a},\vec{0}\right)=0$;

6. əgər $\vec{a} \perp \vec{b}$, то $\left(\vec{a},\vec{b}\right)=0$;

7. Əgər $\left(\vec{a},\vec{b}\right)=0$, ya vektorlardan biri sıfra bərabərdir, yada vektorlar ortoqonaldır.

Iki vektor arasında bucaq

$$\cos(\widehat{\vec{a},\vec{b}})=\frac{(\vec{a},\vec{b})}{|\vec{a}|\cdot|\vec{b}|}=\frac{a_x b_x+a_y b_y+a_z b_z}{\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2}\sqrt{b_x^2+b_y^2+b_z^2}}$$

Əlavə 2.3 Vektorların vektorial hasili

$$\left[\vec{a},\vec{b}\right]=\left(a_y b_z-a_z b_y\right)\vec{i}+\left(a_z b_x-a_x b_z\right)\vec{j}+\left(a_x b_y-a_y b_x\right)\vec{k}=\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ a_x & a_y & a_z\\ b_x & b_y & b_z\end{vmatrix}$$

$$\left[\vec{i},\vec{i}\right]=\left[\vec{j},\vec{j}\right]=\left[\vec{k},\vec{k}\right]=\vec{0},$$

Vektorial hasilin xassələri c=$\left[\vec{a},\vec{b}\right]$

$\vec{c} \perp \vec{a},\ \vec{c} \perp \vec{b}$

1. $\left[\vec{a},\vec{b}\right]=-\left[\vec{b},\vec{a}\right]$; (antikommytativlik)

2. $\left[\vec{a},\vec{a}\right]=\vec{0}$;

3. $\left[\vec{a},\vec{b}\right]=\vec{0} \iff \vec{a}\parallel\vec{b}$;

4. $\left[\vec{a},\vec{0}\right]=\vec{0}$;

5. $\left[\alpha\vec{a},\vec{b}\right]=\alpha\left[\vec{a},\vec{b}\right]$;

6. $\left[\vec{a}+\vec{b},\vec{c}\right]=\left[\vec{a},\vec{c}\right]+\left[\vec{b},\vec{c}\right]$.

Əlavə 3. Elementar funksiyaların Makleron sırasına ayrılışı:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \ldots + \frac{x^n}{n!} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n!}, \ |x| < \infty,$$

$$\sin x = \frac{x}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \ldots + \frac{(-1)^{n+1} x^{2n-1}}{(2n-1)!} - \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} x^{2n-1}}{(2n-1)!}, \ |x| < \infty,$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \ldots + \frac{(-1)^{n+1} x^{2n}}{(2n)!} - \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{(2n)!}, \ |x| < \infty,$$

$$\ln(1+x) = \frac{x}{1!} - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} - \ldots + \frac{(-1)^{n+1} x^n}{n!} - \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} x^n}{n!}, \ x \in (-1; 1],$$

$$(1+x)^\alpha = 1 + \frac{\alpha}{1!} x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2!} x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{3!} x^3 + \ldots +$$

$$+ \frac{\alpha(\alpha-1)\ldots(\alpha-n+1) x^n}{n!} + \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\alpha(\alpha-1)\ldots(\alpha-n+1) x^n}{n!}, \ |x| < 1,$$

$$\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + \cdots + x^n + \cdots = \sum_{n=0}^{\infty} x^n, \ |x| < 1,$$

$$\mathrm{arctg} x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \cdots + \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{2n+1} - \cdots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{2n+1}, |x| \le 1.$$

Əlavə 4. Triqonometrik funksiyaların xassələri:

Əlavə 4.1.Əsas triqonometrik eyniliklər:

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1 \qquad tgx = \frac{\sin x}{\cos x} \qquad ctgx = \frac{\cos x}{\sin x}$$

$$tgx \cdot ctgx = 1 \qquad 1 + tg^2 x = \frac{1}{\cos^2 x} \qquad 1 + ctg^2 x = \frac{1}{\sin^2 x}$$

Əlavə 4.2.Triqonometrik funksiyaların arqumentlərin cəmi və fərqi üçün dusturları

$$\sin(x+y)=\sin x\cdot\cos y+\cos x\cdot\sin y$$
$$\sin(x-y)=\sin x\cdot\cos y-\cos x\cdot\sin y$$
$$\cos(x+y)=\cos x\cdot\cos y-\sin x\cdot\sin y$$
$$\cos(x-y)=\cos x\cdot\cos y+\sin x\cdot\sin y$$
$$tg(x+y)=\frac{tgx+tgy}{1-tgx\cdot tgy}$$
$$tg(x-y)=\frac{tgx-tgy}{1+tgx\cdot tgy}$$

Əlavə 4.3. Triqonometrik funksiyaların cəmi və fərqinin durturları

$$\cos x+\cos y=2\cos\frac{x+y}{2}\cdot\cos\frac{x-y}{2}; \qquad \cos x-\cos y=2\sin\frac{x+y}{2}\cdot\sin\frac{y-x}{2};$$
$$\sin x+\sin y=2\sin\frac{x+y}{2}\cdot\cos\frac{x-y}{2}; \qquad \sin x-\sin y=2\sin\frac{x-y}{2}\cdot\cos\frac{x+y}{2}$$

Əlavə 4.4. Triqonometrik funksiyaların hasillərinin dusturları

cosx.cosy=½(cos(x-y)+cos(x+y))
sinx.siny=½(cos(x-y)-cos(x+y))
sinx.cosy=½(sin(x-y)+sin(x+y))

Əlav 4.5. İkiqat arqument dusturları

$$\cos 2x=\cos^2 x-\sin^2 x=2\cos^2 x-1=1-2\sin^2 x=\frac{1-tg^2x}{1+tg^2x};$$
$$\sin 2x=2\sin x\cdot\cos x=\frac{2tgx}{1+tg^2x}; \qquad tg2x=\frac{2tgx}{1-tg^2x};$$

Əlavə 4.6.Yarım arqument dusturları

$$\cos^2\frac{x}{2}=\frac{1+\cos x}{2}; \qquad \sin^2\frac{x}{2}=\frac{1-\cos x}{2}; \qquad tg^2\frac{x}{2}=\frac{1-\cos x}{1+\cos x};$$

Əlavə 4.7. Bəzi rəqəmlər

$1 рад \approx 57^0$; $1^0 \approx 0{,}017\, рад$; $\pi = 180^0$;

$\pi = 3{,}14159265358979323846264338327 95$

Əlavə 4.9. Sadə triqonometrik tənliklərin həlli

$$\sin x = a; \quad \Rightarrow \quad x = (-1)^k \arcsin a + \pi k;$$
$$\cos x = a; \quad \Rightarrow \quad x = \pm \arccos a + 2\pi k;$$
$$tgx = a; \quad \Rightarrow \quad x = arctgx + \pi k;$$
$$ctgx = a; \quad \Rightarrow \quad x = arcctgx + \pi k;$$

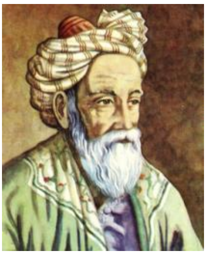
Əlavə 4.10.Xüsusi hallar:

$$\sin x = 0; \quad \Rightarrow \quad x = \pi k;$$
$$\sin x = 1; \quad \Rightarrow \quad x = \frac{\pi}{2} + 2\pi k;$$
$$\sin x = -1; \quad \Rightarrow \quad x = -\frac{\pi}{2} + 2\pi k;$$
$$\cos x = 0; \quad \Rightarrow \quad x = \frac{\pi}{2} + \pi k;$$
$$\cos x = 1; \quad \Rightarrow \quad x = 2\pi k;$$
$$\cos x = -1; \quad \Rightarrow \quad x = \pi + 2\pi k;$$
$$tgx = 0; \quad \Rightarrow \quad x = \pi k;$$
$$ctgx = 0; \quad \Rightarrow \quad x = \frac{\pi}{2} + \pi k;$$

Əlavə 4.11. Əsas triqonometrik funksiyaların bəzi qiymətləri:

Dərəcə	0	30	37	45	53	60	90	120	135	150	180
Rad.	0	$\frac{\pi}{6}$		$\frac{\pi}{4}$		$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{5\pi}{6}$	π
Sinx	0	$\frac{1}{2}$	3/5	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	4/5	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
Cosx	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	4/5	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	3/5	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1
tgx	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	3/4	1	4/3	$\sqrt{3}$	-	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0
ctgx	-	$\sqrt{3}$	4/3	1	3/4	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$	-

Qiyasəddin Əbu əl-Fəth Ömər ibn İbrahim Xəyyam Nişapuri - Ömər Xəyyam (18 may 1048- Nişapur, Xorasan- 04 dekabr-1131 Nişapur, Böyük Səlcuq İmperiyası) Gənc yaşlarında doğma şəhərini Nişapuru tərk etmiş və uzun məşəqqətlərdən sonra Səmərqənddə gəlir. 1074-cü ildə İsfahana rəsədxanaya rəhbərlik etmək üçün dəvət alır. 1092-ci ildə ona hamilik edən səlcuq şahı Məlik şahın və vəziri Nizam-əl Mülkün vəfatından sonra İsfahanı tərk etməli olur. Yenə sərgərdan yaşam tərzdə Xəyyam bir müddət Mərvdə Məlik şahın varislərindən birinin sarayında işləyir. Həm Şərqdə və ələxsus Qərbdə özünün müdriklik, yumor və satira dolu, bəzən də bir qədər qaba səslənən rübailəri ilə məşhurdur. Şərqdə uzun müddət yaddaşlardan silinən Xəyyam rübailəri Avropaya Edvard Fitsjeraldın tərcümələri ilə qədəm qoyur və uğur əldə edir. Ömər Xəyyam bütün dövrlərin ən böyük riyaziyatçılarından biri olmuşdur. "Riyazi problermlərin nümayişinə dair" traktatı ilə riyaziyyat elminin inkişafına misilsiz töhvələr vermişdir. Bu əsərində Xəyyam üçdərəcəli tənliklərin həllini ilk dəfə həndəsi yolla – hiperbola ilə dairənin kəsişməsindən almışdır. Onun Günəş sisteminin heliosentrik nəzəriyyəsini Kopernikdən çox-çox əvvəl irəli sürməsi də bildirilir. 1074-cü ildə İsfahandakı rəsədxanaya rəhbərlik edir. "Riyazi problemlərin nümayişinə dair" traktatı ilə riyaziyyat elminin inkişafına misilsiz tövhələr verir.



İsfahandakı elmi fəaliyyəti dövründə Ömər Xəyyam fəlsəfə problemləri ilə də məşğul olur. İbn-Sinanın fəlsəfi elmini diqqətlə öyrənir və bir neçə əsərini fars dilinə tərcümə edir. 1080-ci ildə "Varlıq və zərurilik haqqında traktat" adlı İlk fəlsəfi əsərini ərsəyə gətirir.

Yazılarında yığcamlığı üstün tutan Xəyyam, az sözlə tutarlı fikirlər söyləyir, əsərlərini lakonik, bəzən bir neçə səhifəyə sıxışdıraraq yazır.

Xəyyam ailə qurmayib, qapalı həyat tərzi keçirib.

"Əlcəbr və əlmukabala məsələlərinin isbatı haqqında traktat"- əsərində Qərb riyaziyyatını təqribən 500 il qabaqlamışdır. Onun tərtib etdiyi astronomik təqvim müasir dövrdə mövcud olanlardan daha dəqiqdir. Təəssüf ki, Xəyyam dövründən nə İsfahanda 35 metrlik hündürlükdə Cəma məscidi durur –nə onun layihəsi üzrə tikilən rəsədxanadan, nə olduğu saraylardan iz bele qalmamışdır .

İlk dəfə onun şerləri Qərbdə keçən əsrdə İngilis dilinə tərcümə edilmiş və o vaxtdan dəfələrlə demək olarki, dünya xalqlarının dillərinə təkrar çap edilmişdir. İngiltərədə və Amerikada Xəyyama meyil epidemiya halını almışdi. Qərbliləri təcübləndirən o idi ki, bizim "mədəni" əsrimizdə insanin ağlına gələn fikir və düşüncələr harada isə hələ neçə yüz il bundan əvvəl uzaq bir şərq ölkəsində kiminsə ağlına gəlmişdi, hələ üstəlik o bunları cox gözəl şeirlərində ifadə edirdi. Iki Xəyyam belə yarandi Qərbdə şair – Şərqdə riyaziyyatçı, astronom və filosof.

Xəyyam üçün insan azad fikirli insan olmalıdır. "Qızıl və gümüşdən təşkil olunmuş cisimdə onların miqdarını təyin etmək məharəti haqqında"adlı traktatında o, Arximedin klassik məsələsi ilə məşğul olur. "Evklidin kitabının çətin postulatlarının şərhləri" adlı əsərində özünəməxsus paralellər nəzəriyyəsi vermişdir. Qədim yunan riyaziyyatının elə bir sahəsini göstərmək mumkün deyil ki, orada Xəyyam mühüm yeniliklər əldə etməmiş olsun . Qeyri - Evklid həndəsəsinin yaranmasına, ədədlər çoxluğunun genişlənməsinə, cəbrin həndəsədən ayrılıb müstəqil elmə çevrilməsinə gətirən yollar Xəyyam əsərlərindən keçib qədim yunan riyaziyyatını orta əsrlərlə əlaqələndirirdi.

Qərbdə uzun müddət Xəyyam – alim, Xəyyam – şairin kölgəsində daldalanaraq görünmürdü. Onun adına elm tarixinə aid kitablarda yox – Şərq poyeziyasının antologiyalarında rast gəlmək olardı. Ondan 382 rübai, astronomik cədvəllər, riyaziyyat və fəlsəfəyə aid bir sıra əsərlər qalıb. Onun həyatı haqqında olan məlumatlar cox azdır.

Əlavə 5. Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 2011-ci il 3 fevral tarixli 23 nömrəli qərarına əlavə Kəmiyyət ölçüləri və şəkilər üzrə Baş Konfrans (KÖÇBK) tərəfindən qəbul olunan Beynəlxalq Vahidlər Sisteminin (Sİ) kəmiyyət vahidləri

Kəmiyyət		Vahid			
adı	Işarəsi	adı	Işarəsi beynəlxalq	Işarəsi Azərbaycan	tərifi
Uzunluq	L	metr	m	m	metr-işığın vakuumda 1/299792458 s zaman intervalında qət etdiyi yolun uzunluğudur [XVII KÖÇBK (1983-cü il), Qətnamə 1]
Kütlə	M	kiloq-ram	kg	kq	kiloqram-kiloqramın beynəlxalq prototipinin kütləsinə bərabər olan kütlə vahididir [I KЦЗВК (1889-cu il) və III KÖÇBK (1901-ci il)]
Zaman	T	saniyə	s	s	saniyə-sezium-133 atomunun əsas halının iki ifrat-nazik səviyyələri arasındakı keçidə uyğun şüalan-manın 9 192 631 770 perioduna bərabər olan zamandır [XIII KÖÇBK (1967-ci il), Qətnamə 1]

Elektrik cərəyanı (elektrik cərəyanı şiddəti)	I	amper	A	A	amper-vakuumda bir-birindən 1 m məsafədə yerləşən sonsuz uzunluğa və çox kiçik dairəvi en kəsiyi sahəsinə malik iki paralel düzxətli naqildən kesən zaman naqilin hər 1 m hissəsində $2 \cdot 10^{-7}$ N qüvvə yaradan dəyişməyən cərəyanın şiddətidir [KÖÇBK (1946-cı il), IX KÖÇBK (1948-ci il) tərəfindən bəyənilmiş Qətnamə 2]
Termodinamik temperatur	Θ	kelvin	K	K	kelvin – suyun üçqat nöqtəsinin termodinamik temperaturunun 1/273,16 hissəsinə bərabər olan termodinamik temperatur vahididir [XIII KÖÇBK (1967-ci il), Qətnamə 4]
Maddə miqdarı	N	mol	mol	mol	mol – kütləsi 0,012 kg olan karbon-12-də yerləşən atomların sayı qədər struktur elementinə malik sistemin maddə miqdarıdır. Molu tətbiq edən zaman struktur elementlərinin spesifik xüsusiyyətləri göstərilməlidir və onlar atomlar, molekullar, ionlar, elektronlar və digər hissəciklər və ya spesifik xüsusiyyətləri göstərilmiş hissəciklər qrupu ola bilər [XIV KÖÇBK (1971-ci il), Qətnamə 3]
İşıq şiddəti	J	kandela	cd	kd	kandela – verilən istiqamətdə energetik işıq şiddəti 1/683 W/sr olan $540 \cdot 10^{12}$ Hz tezlikli monoxromatik şüa buraxan mənbənin bu istiqamətdəki işıq şiddətidir [XVI KÖÇBK (1979-cu il), Qətnamə 3]

Əlavə 6. Adları və işarələri Sİ-nin əsas kəmiyyət vahidlərinin adları və işarələrindən istifadə edilməklə yaradılan Sİ-nin törəmə vahidləri

<table>
<tr><td colspan="2">Kəmiyyət</td><td colspan="3">Vahid</td></tr>
<tr><td rowspan="2">adı</td><td rowspan="2">Işarəsi</td><td rowspan="2">adı</td><td colspan="2">işarəsi</td></tr>
<tr><td>beynəlxalq</td><td>Azərbaycan</td></tr>
<tr><td>Sahə</td><td>L^2</td><td>kvadrat metr</td><td>m^2</td><td>m^2</td></tr>
<tr><td>Həcm, tutum</td><td>L^3</td><td>kub metr</td><td>m^3</td><td>m^3</td></tr>
<tr><td>Sürət</td><td>LT^{-1}</td><td>metr bölünsün saniyə</td><td>m/s</td><td>m/s</td></tr>
<tr><td>Təcil</td><td>LT^{-2}</td><td>metr bölünsün kvadrat saniyə</td><td>m/s^2</td><td>m/s^2</td></tr>
<tr><td>Dalğa ədədi</td><td>L^{-1}</td><td>bir bölünsün metr</td><td>m^{-1}</td><td>m^{-1}</td></tr>
<tr><td>Sıxlıq</td><td>$L^{-3}M$</td><td>kiloqram bölünsün kub metr</td><td>kg/m^3</td><td>kq/m^3</td></tr>
<tr><td>Xüsusi həcm</td><td>L^3M^{-1}</td><td>kub metr bölünsün kiloqram</td><td>m^3/kg</td><td>m^3/kq</td></tr>
<tr><td>Elektrik cərəyanının sıxlığı</td><td>$L^{-2}I$</td><td>amper bölünsün kvadrat metr</td><td>A/m^2</td><td>A/m^2</td></tr>
<tr><td>Maqnit sahəsinin gərginliyi</td><td>$L^{-1}I$</td><td>amper bölünsün metr</td><td>A/m</td><td>A/m</td></tr>
<tr><td>Komponentin molyar konsentrasiyası</td><td>$L^{-3}N$</td><td>mol bölünsün kub metr</td><td>mol/m^3</td><td>mol/m^3</td></tr>
<tr><td>Parlaqlıq</td><td>$L^{-2}J$</td><td>kandela bölünsün kvadrat metr</td><td>cd/m^2</td><td>kd/m^2</td></tr>
</table>

Əlavə 7. Sİ-nin onluğun misl və hissə vahidlərinin adlarını və işarələrini əmələ gətirmək üçün istifadə olunan vuruqlar və önşəkilçilər

Onluq vuruq	Önşəkilçi	Önşəkilçinin işarəsi		Onluq vuruq	Önşəkilçi	Önşəkilçinin işarəsi	
		beynəlxalq	Azərbaycan			beynəlxalq	Azərbaycan
10^{24}	yotta	Y	Y	10^{-1}	desi	d	d
10^{21}	zetta	Z	Z	10^{-2}	santi	c	s
10^{18}	eksa	E	E	10^{-3}	milli	m	m
10^{15}	peta	P	P	10^{-6}	mikro	μ	mk
10^{12}	tera	T	T	10^{-9}	nano	n	n
10^{9}	qiqa	G	Q	10^{-12}	piko	p	p
10^{6}	meqa	M	M	10^{-15}	femto	f	f
10^{3}	kilo	k	k	10^{-18}	atto	a	a
10^{2}	hekto	h	h	10^{-21}	zepto	z	z
10^{1}	deka	da	da	10^{-24}	yokto	y	y

Əlavə 8. Bəzi fiziki sabitlər

Temperaturun mütləq sıfrı	$t = -273{,}15^{o}C$
Atom kütlə ədədi	1 a.k.v. = $1{,}6605655 * 10^{-27}$ kq
Qravitasiya sabiti	$G = 6{,}672 * 10^{-11}$ Nm^2/kq^2
α-hissəciyin elektrik yükü	$q = 2e = 3{,}204 * 10^{-19}$ Kl
Maqnit sabiti	$\mu_o = 12{,}5663706144 * 10^{-7}$ Hn/m

α-hissəciyin kütləsi	$m_\alpha = 6{,}644 * 10^{-27}$ kq
Neytronun sükunət kütləsi	$m_n = 1{,}6749543 * 10^{-27}$ kq
Protonun sükunət kütləsi	$m_p = 1{,}6726485 * 10^{-27}$ kq
Elektronun sükunt kütləsi	$m_e = 9{,}109534 * 10^{-31}$ kq
Ridberq sabiti	$R_н = 1{,}097 * 10^{7}$ 1/m
Normal şəraitdə 1 mol ideal qazın həcmi	$V_o = 22{,}41383 * 10^{-3}$ m^3/mol
Sərbəst düşmə təcili	$g = 9{,}81$ m/san^2
Normal şərait: armosfer təzyiqi	$p_o = 101325$ N/m^2
Temperatura	T = 273 K
Avaqadro sabiti	$N_A = 6{,}022045 * 10^{23}$ mol^{-1}
Bolsman sabiti	$k = 1{,}380662 * 10^{-23}$ C/K
Faradey ədədi	$F = 96{,}48456 * 10^{3}$ Kl/mol
Vakuumda işıq sürəti	$c = 2{,}99792458 * 10^{8}$ m/san
Universal qaz sabiti	R = 8,31441 C/(mol*K)
Elementar yük	$e = 1{,}6021892 * 10^{-19}$ Kl
Elektronun xüsusi yükü	$e/m = 1{,}76 * 10^{11}$ Kl/kq
Elektrik sabiti	$e_o = 8{,}85418783 * 10^{-12}$ F/m
Suyun xüsusi istilik tutumu	$C = 4{,}19 * 10^{3}$ C/(kq*K)
Buzun xüsusi ərimə istiliyi	$\lambda = 333{,}7 * 10^{3}$ C/kq
Cuyun xüsusi buxarəmələ gəlmə istliyi	$r = 2{,}256 * 10^{6}$ C/kq

Əlavə 9. Günəşin, Yerin və Ayın bəzi xarakteristikaları.

Fiziki parametrlər	Günəş	Yer	Ay
Kütlə, kq	$1,97.10^{30}$	$5,96.10^{24}$	$7,33.10^{22}$
Radius, m	$6,95.10^{8}$	$6,37.10^{6}$	$1,74.10^{6}$
Orta sıxlıq, kq/m^3	1400	5518	3350
Yerdən orta məsafə, km	$1,496.10^{8}$	-	384440

Əlavə 10. Günəş sisteminin planetləri

Qrup	Planet	fırlanmanın ulduz period -il	Günəşdən orta məsafə		Peyklərin sayı	Ekvatorial diametr		Kütlə (Yerin kütləsi nisbəti ilə)	Orta sıxlıq, x10^3 **kq**/m3
			Mln. km	a.v.		Yer diametric ilə	x10^3 km		
Yer qrupu	Merkuri	0,241	58	0,387	yoxdur	0,38	4,9	0,06	5,4
	Venera	0,615	108	0,723	yoxdur	0,95	12,1	0,82	5,2
	Yer	1,000	150	1,000	1	1,00	12,7	1,00	5,5
	Mars	1,881	228	1,524	2	0,53	6,8	0,11	4,0
Qiqant planetlər	Yupiter	11,86	778	5,203	16	11,2	142	318	1,3
	Saturn	29,46	1426	9,539	17	9,5	120	95,1	0,6
	Uran	84,01	2869	19,18	15	3,9	50,0	14,5	1,3
	Neptun	164,8	4496	30,06	2	3,9	50,0	17,3	1,6
	Pluton	247,7	5900	39,44	1	0,2	28(?	?	?

Əlavə 11. Bəzi maddələrin sıxlığı, 10^3 kq/m^3.

Aliminium	2,7	Nikel	8,9	Qliçerin	1,2
Ağac	0,7	Parafin	0,9	Kerosin	0,8
Dəmir, polad	7,8	Mantar	0,2	Yağ	0,91
Buz	0,9	Qurğuşun	11,3	Neft	0,8
Mərmər, qranit	2,7	Benzin	0,7	Civə	13,6
Mis	8,9	Su	1	Spirt	0,8

Əlavə 12. Bərk maddələrin mexaniki xassələri

Maddə	Sıxlıq ρ, kq/m^3	Yunq modulu, $E \cdot 10^{-10}$ Pa	Möhkəmlik həddi, $\sigma_{möhk} \cdot 10^{-8}$ Pa
Aliminium	2600	6.9	1.1
Dəmir	7900	19.6	6
Latun	8400	-	-
Mis	8600	11.8	2.4
Platin	21400	-	-
Polad	7700	21.6	7.85
Çink	7000	-	-

Əlavə 13. 18°C də mayelrin özlülük əmsalı

Maddə	özlülük10^{-3} kq/(m·san)	Maddə	özlülük10^{-3} kq/(m·san)
Anilin	4,6	Ağır maşın yağı	660
Aseton	0,337	Zeytun yağı	90
Benzol	0,673	Pentan	0,224
Brom	1,02	Civə	1,59
Su	1,05	Etil spirti	1,22
Qliçerin	1400	Üşüm türşusu	1,27
Yüngül maşın yağı	330	Etil efiri	0,238

Ə lavə 14. Qazlarda özlülük (0°C)

Maddə	özlülük10^{-5} kq/(m·san)	Maddə	özlülük10^{-5} kq/(m·san)
Azot	1,67	Helium	1,89
Ammonyak	0,93	Oksigen	1,92
Hidrogen	0,84	Metan	1,04
Hava	1,72	Karbon qazı	1,4

Cədvəl 15 Müxtəlif fəaliyyətlərdə insanın sərf etdiyi enerji

Fəaliyyət növü	1 saat müddətində insanın hər 1 kq kütləsinə düşən enerji	
	kC	kkal
Dərslərə hazırlıq	5,4-6,7	1,3-1,6
Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi	6,0-6,7	1,4-1,6
Özü haqında oxuma	5,4	1,3
Fiziki yüngül səhər idmanı	14,3-20,6	3,4-4,9
Üzgüçülük	30	7,1
Yuxu	3,8	0,9
Hərəkətsi uzanmaq	4,6	1,1
İntim	30	7,1
Hərəkətsiz durmaq	7,1	1,7
Motosikldə getmər	8,8	2,1
Ot yığımı	22,7-24,6	5,5-5,7
Fəhlə işləmək (konslagerdə yox)	11,3-17,2	2,7-4,1
Gəzinti (5 km/saat)	13,9-18,4	3,3-3,9

Əlavə 16. İnsanın mexanikası və hidravlikası (mühəndis işiüçün nəzərdə tutulmuşdur, əksər adamlara aid edilə bilər)

İnsan bədəninin orta sıxlığı	1036 kqr/m ^{3}
Insan qanının sıxlığı	1050-1064 kq/m ^{3}
Insan damarlarında qanın orta sürəti, m/san	0,2-0,5 arteriyada
	0,10-0,20 venada
	0,0005-0,0020 karilyarlarda
Siqnalın (həyacanın) yayılma sürəti	40-100 m/san
Yaşlı insanın əllərində təzyiq fərqi	
Aşağı hissə (ürək əzələlərinin yığılmasının ilk fazası)	9,3 kPa = 70 mm civə st.
Yuxarı hissə (ürək əzələlərinin yığılmasının son fazası)	16 kPa = 120 mm. civə st.
Dəqiqədə 60 döyüntünün olduğu vaxt ürəyin vurduğu qanın həcmi	3,6 l/dəq = 216 l/saat = 5200l/sutka
Bir yığılmada ürəyin işi	1 C
Çalışan (işlək) ürəyin iş qüvvəsi:	
Ürəyin yığılmasının ilk fazasında	90 N
Ürəyin yığılmasının son fazasında	70 N
Yaşlı insanın gücü:	
Zəif külək, adi yeriş	60-65 Vt
Sürətli gediş, 7 km/saat	200 Vt
Küləksiz havada tələsmədən velosiped yürüşü (10 km/saat)	40 Vt
Küləksiz havada velosipedle 20 km/saat sürtlə yürüş	320 Vt
Qanın səthi gərilmə əmsalı	60 mN/m

Cədvəl 17. İnsanın istilik parametrləri. (Bədən hissələrinin normal temperaturu)

Bədən	36,7 °C
Alın	33,4°C
Əllərin ovucu	32,8°C
Ayaq altları	30,2°C
Qanın donma temperaturu	-0,56-dan-0,58°C-dək
Qanın xüsusi istilik tutumu	3,9 kC/(kq* °K)=0,93kal/(q* °C)
Insan bədəninin orta istilik tutumu	3,47kC/(kq* °K)
Ciyərlərdən buxarlanan suyun kütləsi	0,8-2,0 kq/sutka
Daha məsləhətli nisbi rütubət	40-60%

Hazini (1100 Türkmənistan -1160) Astronom və fizik Hazini, xüsusilə yerin cazibə qüvvəsi və tərəzilərlə bağlı fəaliyyətləri ilə tanınır. Hazini Nyutondan 500 il əvvəl“hər cismi yer kürəsinin mərkəzinə doğru çəkən bir güc olduğunu” söyləmişdir. Rocer Bekondan yüz il əvvəl Yerin mərkəzinə doğru yaxınlaşdıqca suyun sıxlaşdığı fikrini irəli sürmüşdür. Mayelərin sıxlığını və hərarətini ölçmək üçün aerometrdən istifadə edən ilk şəxsdir. Bundan başqa, bir çox İslam şəhələrində qiblənin necə müəyyən ediləcəyi barədə çalışmışdır. Hazini işığın sınma prinsiplərini də tədqiq etmiş və göy üzü ilə təmas edən günəş şüalarının Yerə birbaşa, düzxətli deyil, sınaraq (əyilərək) çatdığını müəyyən etmişdir.

Hazini kimyəvi maddələrin sıxlıq və xüsusi çəkilərini ölçmək üçün icad etdiyi həssas tərəzilərlə kimya elminin inkişafına yardımçı olmuşdur. “Kitab Mizanü’l Hikmə” (Müdriklik ölçüsü) adlı əsərində su tərəzisini bir ölçmə aləti kimi tanıtmışdır. İcad etdiyi bu tərəziyə “əl-mizanü’l cami” (toplayan tərəzi) adını vermişdir. Bu tərəzi ilə apardığı sıxlıq və çəki hesablamaları dövrümüzün texnologiyasından istifadə etməklə aparılan hesablamaları olduqca yaxındır. Hazini “Zic’i Sanacari” (Ulduz kataloqu) adlı əsərində ulduzlar və planetlərlə bağlı məlumatlara və Səlcuqilər dövlətinin en və uzunluq dairələrinə də yer vermişdir. “Risalə fi’l-Alət” (Alətlər haqqında məlumat) adlı kitabçasında isə müşahidə alətlərindən bəhs edir.

https://www.youtube.com/watch?v=l8X1DoymzMc

D.İ.MENDELEYEVİN KİMYƏVİ ELEMENTLƏRİN DÖVRİ SİSTEMİ

DÖVRLƏR	SIRALAR	QRUPLAR: A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A VIII B		
1	1	H 1 1,00794 Hydrogenium Hidrogen						(H)	He 2 4,002602 Helium Helium		
2	2	Li 3 6,941 Lithium Litium	Be 4 9,01218 Beryllium Berillium	B 5 10,811 Borum Bor	C 6 12,011 Carboneum Karbon	N 7 14,0067 Nitrogenium Azot	O 8 15,9994 Oxygenium Oksigen	F 9 18,998403 Fluorum Flüor	Ne 10 20,179 Neon Neon		
3	3	Na 11 22,98977 Natrium Natrium	Mg 12 24,305 Magnesium Maqnezium	Al 13 26,98154 Aluminium Alüminium	Si 14 28,0855 Silicium Silisium	P 15 30,97376 Phosphorus Fosfor	S 16 32,066 Sulfur Kükürd	Cl 17 35,453 Chlorum Xlor	Ar 18 39,948 Argon Arqon		
4	4	K 19 39,0983 Kalium Kalium	Ca 20 40,078 Calcium Kalsium	21 Sc 44,95591 Scandium Skandium	22 Ti 47,88 Titanium Titan	23 V 50,9415 Vanadium Vanadium	24 Cr 51,9961 Chromium Xrom	25 Mn 54,9380 Manganum Manqan	26 Fe 55,847 Ferrum Dəmir	27 Co 58,9332 Cobaltum Kobalt	28 Ni 58,69 Niccolum Nikel
	5	29 Cu 63,546 Cuprum Mis	30 Zn 65,39 Zincum Sink	Ga 31 69,723 Gallium Qallium	Ge 32 72,59 Germanium Germanium	As 33 74,9216 Arsenicum Arsen	Se 34 78,96 Selenium Selen	Br 35 79,904 Bromum Brom	Kr 36 83,80 Krypton Kripton		
5	6	Rb 37 85,4678 Rubidium Rubidium	Sr 38 87,62 Strontium Stronsium	39 Y 88,9059 Yttrium İttrium	40 Zr 91,224 Zirconium Sirkonium	41 Nb 92,9064 Niobium Niobium	42 Mo 95,94 Molybdaenum Molibden	43 Tc [98] Technetium Texnesium	44 Ru 101,07 Ruthenium Rutenium	45 Rh 102,9055 Rhodium Rodium	46 Pd 106,42 Palladium Palladium
	7	47 Ag 107,8682 Argentum Gümüş	48 Cd 112,41 Cadmium Kadmium	In 49 114,82 Indium İndium	Sn 50 118,710 Stannum Qalay	Sb 51 121,75 Stibium Stibium	Te 52 127,60 Tellurium Tellur	I 53 126,9045 Iodum Yod	Xe 54 131,29 Xenon Ksenon		
6	8	Cs 55 132,9054 Cesium Sezium	Ba 56 137,33 Barium Barium	57 La* 138,9055 Lanthanum Lantan	72 Hf 178,49 Hafnium Hafnium	73 Ta 180,9479 Tantalum Tantal	74 W 183,85 Wolframium Volfram	75 Re 186,207 Rhenium Renium	76 Os 190,2 Osmium Osmium	77 Ir 192,22 Iridium İridium	78 Pt 195,08 Platinum Platin
	9	79 Au 196,9665 Aurum Qızıl	80 Hg 200,59 Hydrargyrum Civə	Tl 81 204,383 Thallium Tallium	Pb 82 207,2 Plumbum Qurğuşun	Bi 83 208,9804 Bismuthum Bismut	Po 84 [209] Polonium Polonium	At 85 [210] Astatium Astat	Rn 86 [222] Radon Radon		
7	10	Fr 87 [223] Francium Fransium	Ra 88 [226] Radium Radium	89 Ac** [227] Actinium Aktinium	104 Rf [261] Rutherfordium Rezerfordium	105 Db [262] Dubnium Dubnium	106 Sg [263] Seaborgium Siborgium	107 Bh [262] Bohrium Borium	108 Hs [265] Hassium Hassium	109 Mt [266] Meitnerium Meytnerium	110 [ ]
BAŞ OKSİDLƏR		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4		
UÇUCU HİDROGENLİ BİRLƏŞMƏLƏR					RH_4	RH_3	RH_2	RH			

LANTANOİDLƏR*	58 Ce 140,12 Cerium Serium	59 Pr 140,9077 Praseodymium Prazeodim	60 Ne 144,24 Neodymium Neodim	61 Pm [145] Promethium Prometium	62 Sm 150,36 Samarium Samarium	63 Eu 151,96 Europium Evropium	64 Gd 157,25 Gadolinium Qadolinium	65 Tb 158,9254 Terbium Terbium	66 Dy 162,50 Dysprosium Disprozium	67 Ho 164,9304 Holmium Holmium	68 Er 167,26 Erbium Erbium	69 Tm 168,9342 Thulium Tulium	70 Yb 173,04 Ytterbium İtterbium	71 Lu 174,967 Lutetium Lütesium
AKTİNOİDLƏR**	90 Th 232,0381 Thorium Torium	91 Pa [231] Protactinium Protaktinium	92 U 238,0289 Uranium Uran	93 Np [237] Neptunium Neptunium	94 Pu [244] Plutonium Plutonium	95 Am [243] Americium Amerisium	96 Cm [247] Curium Kürium	97 Bk [247] Berkelium Berklium	98 Cf [251] Californium Kalifornium	99 Es [252] Einsteinium Eynşteynium	100 Fm [257] Fermium Fermium	101 Md [258] Mendelevium Mendelevium	102 No 259,1009 Nobelium Nobelium	103 Lr 260,1054 Lawrencium Lourensium

Müstəqil həll üçün təqdim olunan məsələlərin cavabları.

❖ ***1.İrəliləmə hərəkətinin kinematikası***

1.1 s=5t, 25 m;
1.2. 0,6 m/s, 250 s.
1.3. 0,049 m, 1,9 m.
1.4. 14,7m/s, 11m.
1.5. 73,5 m.
1.6. 0,59 s.
1.7. 1) $v=(2-6t+12t^2)$ m/s; $a=(-6+24t)$ m/s^2; 2) 24m, 38 m/s və 42 m/s^2.
1.8. 3 m/s, 5 m/s, 7 m/s; 2 m/s^2.
1.9. Başlanğıcı $x_o=2$, $y_o=-3$ nöqtəsində olan düzxətt
3x-2y=12, XY müstəvisində yerləşir.
1.10. 200 m/s; 20 m/s^2.
1.11. 410 m.
1.12*.$s=s_o+(1/k)\ln(kv_ot+1)$.
1.13. -2 m.
1.14. $\frac{b}{v_{\ddot{e}}}\int_0^1(-4x^2+4x+0,5)dx=245$ m.
1.15. 0,069 rad; 221,7 m/s.
1.16. 21,6 m/s.
1.17. 14 m/s.
1.18 .-
1.19. -
1.20.Hərəkətin bərabərtəcilli olması üçün ardıcıl zaman intervallarında gedilən yolların nisbəti 1:3:5:7.. və sair. kimi olmalıdır.
1.21. İlk saniyədə bir mərtəbə, ikinci sanəyədə 3 mərtəbə, üçüncü sanəyədə axrıncı 5 mərtəbəni düşəcək.
1.22. 50m/s.
1.23. 180 m, 6 s.
1.24. 80 m, 4 s.
1.25. $v_1=\frac{n+1}{2}v_{orta}$, $v_2=\frac{n+1}{2n}v_{orta}$.

1.26. 25 m/s, əvvəlki istiqamətlə 83^0, 140 m.
1.27. $dS = at^2$.
1.28. $\Delta h = gtt_1 - \frac{gt^2}{2} = 15\ m$
1.29. $H = \frac{h^2}{2g{t_0}^2} + \frac{h}{2} + \frac{g{t_0}^2}{8}$ =240 m, $t = \frac{h}{gt_0} + \frac{t_0}{2}$=7 s.
1.30. $v_0 = \frac{g}{2}\sqrt{{t_0}^2 + \frac{8h}{g}}$ və t= $\sqrt{{t_0}^2 + \frac{8h}{g}}$
1.31 $Y=1-x^2/4$. $\vec{v} = 2\vec{i} - 2t\vec{j}$, $\vec{a} = -2\vec{j}$.
1.32. L=2m, a=4,5 m/s^2.
1.33 $v_0 = \sqrt{\frac{g}{2H}}(H-h) = 7$ m/s.
1.34. t= $\frac{-10 \pm \sqrt{116}}{2} = \frac{-10 \pm 2\sqrt{29}}{2}$.
1.35. 7 m/s.

- **2. *Əyrixətli hərəkət.***

2.1. 1,22 m; 10 m/s; 11,1m/s; $26^o12'$.
2.2. 4,4 m/s.
2.3. 11,1 m/s; $68^o12'$.
2.4. 300m.
2.5. 5,9 m.
2.6. 7,4 m.
2.7. 5,4 m/s^2; 8,2 m/s^2.
2.8. 305 m.
2.9. $a_\tau = g\, v_y/v = 3{,}52\ m/s^2$, $a_n = gv_o\cos\alpha/v = 9{,}15\ m/s^2$.
2.10. 6,3 m.
2.11. 1) 3,16 s, 2) 41,1 m, 3) $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, haradakı
$v_x = v_o\cos\alpha = 13$ m/s, $v_y = gt_2 = 23{,}4$ m/s, burada v=26,7 m/s,
4) $tg\varphi = v_y/v_x = 1{,}8$ və $\varphi = 61^o$.
2.12. 20 m/s; 3 s; 12 m; 20 m; 20,8 m.
2.13. 6,1 m.
2.14. 6 m.
2.15. 76^o.

2.16. $s=2v_ot\ \sin((\alpha_1 - \alpha_2)/2)=11,3$ m.
2.17. $t=(v_o \cos\alpha /g)(tg\ \alpha - tg\beta)=1,2$ s.
2.18. -
2.19. $\Delta h = \frac{gS^2({v_2}^2-{v_1}^2)}{2{v_1}^2{v_2}^2} = 2\ sm.$
2.20. $Y = xtg\alpha - \frac{gx^2}{2v^2Cos^2\alpha}.$

2.21. $t = \frac{v_0Sin\alpha \pm v_0Cos\alpha tg\beta}{g}$, $t_1=0,37$ s. $t_2=1,39$ s.2.22. $a=-2$ m/s^2, $V_o=20$ m/s. 2.23. 160m
2.24. $\mu = tg\alpha \quad a = g(\sin\beta - \mu\cos\beta)$

$$t = \sqrt{\frac{2h\cos\alpha}{g\sin\beta\sin(\beta-\alpha)}}$$

2.25. $v = \sqrt{13}$ m/san, $\alpha = arctg\,\frac{2}{3}$

❖ **3. Fırlanma hərəkəti.**
3.1. 1,26 rad/s^2, 360 dövr.
3.2. 10 s.
3.3. 1) 6,3 s sonra 2)9,4 dövr.
3.4. 1) $t=(R/a_t)^{1/2}=2$s; 2) $t=(2R/a_t)^{1/2}=2,8$ s.
3.5. $a_t=v^2/(4\pi NR)=1,6.10^{-3}$ m/s^2.
3.6. 4,5m/s^2, 0,06 m/s^2.
3.7. 0,43 rad/s^2.
3.8. 1) t=0, tg $\alpha=\infty$, т.е. $\alpha=90^o$, 2) t=1s, tg $\alpha=3,13$ və $\alpha=72^o17'$; 3) t=2 s, tg$\alpha=0,7$ и $\alpha=35^o0'$; 4) t=3 s, tg$\alpha=0,278$ və $\alpha=15^o32'$; 5) t=4 s, tg$\alpha=0,14$ və $\alpha=7^o58'$; 6) t=5 s, tg$\alpha=0,081$ və $\alpha=4^o38'$.
3.9. 1.2 m.
3.10. 0,58.

❖ **4. Düzxətli hərəkətin dinamikası.**
4.1. 1) 12kN; 2) 6 kN. (1) 5 m/san^2 (lift qalxır), 2) 2,5 m/san^2 (lift enir).
4.2. $v_o=2S/t=10$m/s, $F=2Sm/t^2=2040$ N.

4.3. $F=\mu mg+2mgs/(gt^2)=8200$ N
4.4. 11,75 m/san.
4.5. 1) 6000N; 2) 50 s sonra; 3) 375 m.
4.6. 4,9 kq.
4.7. -0,123 N.
4.8. 1)21,6 km/saat; 2) 73 s; 3) -0,098 m/s^2; 4)218 m.
4.10. lövhə divardan $h = \mu l tg\alpha \approx 0{,}8m$ üfüqi məəsafədə qoyulmalıdır.
4.11.
4.12. 1370 N, 590N.
4.13. 0,07, 0,39 m/s^2, 22,7 s, 8,85 m/s.
4.14. 0,5.
4.15. 220N, 380 N, 430 N.
4.16. $[(x^2-1)/(x^2+1)]tg\alpha=0{,}16$.
4.17. $a = g\dfrac{\mu + tg\alpha}{1-\mu tg\alpha}$
4.18. 3,27m/s^2, 13 N.
4.19. 4,4 m/s^2, 5,4 N.
4.20. 2,45 m/s^2, 7,35 N.
4.21. 2,02 m/s^2, 7,77 N.
4.22. 1,02 m/s^2, 5,9 N.
4.23. 0,244 m/s^2, 6 N.
4.24. 2,1m/s^2; 6,2N; 3,1N.
4.25. F'=2,1N; $F_д = 9{,}3.10^{-2}$ N.
4.26. 2,6m/s^2; 42 N.
4.27. 0,3; 8,3 N; 2 N.
4.28. $v = \sqrt{g(h + \sqrt{L^2 + h^2})}$
4.29. $F=gm_2(M+m_1+m_2)/m_1$ 4.30. $t = \sqrt{\dfrac{2l\cos\alpha}{g\sin(\beta-\alpha)}}$
4.31. $R = \dfrac{v^2 ctg\alpha}{g} = 5800$ m

4.32. $F = 3mg\left(1 - \frac{\rho_{su}}{\rho}\right)$

❖ 5. Əyrixətli hərəkətin dinamikası

5.1. 1saat 25 dəq.
5.2. 245 N.
5.3. 1) 2,43 m/s; 2) ən yuxarı nöqtədə F_g=0, ən aşağı nöqtədə F_g=39,2N.
5.4. 0,5 kq.
5.5. 59 dövr/dəq.
5.6. 1,96N.
5.7. 0,2.
5.8. 5 m/s.
5.9. 2,1 s^{-1}.
5.10. 1)1600 m; 2) 711 m.
5.11. 22^o.
5.12. 47 km/saat.
5.13..
5.14..
5.15. Sinβ=V_1Sinα/V_2
5.16. $R_1 = \frac{V^2}{gCos\alpha}$ $R_2 = \frac{V^2 Cos\alpha}{g}$
5.17. $t = \frac{v}{2g}(3Sin\alpha - \sqrt{9Sin^2\alpha - 8})$
5.18. $a = \frac{T_1 - T_2}{T_4 - T_3} g$
5.19 $\boldsymbol{t = \frac{T(m_1+m_2)}{a(m_2+2m_1)}}$.

❖ 6.Ümümdünya cazibə qanunu

6.1 v=R[g_o/(R+h)]$^{1/2}$=7010 m/s; T=2π(R+h)/v≈7,24.10^3 s.
6.2. 2,73 mN.
6.3. 5,39s; 2,65.10^5 m, 7,7.10^3 m/s.
6.4. 900 s, 8.10^5m.
6.5. [3π/(Gρ)]$^{1/2}$].
6.6. R(gR/v^2-1).

6.7. $M=(4\pi^2R^3/GT^2)(1+T/\tau)=6.10^{24}$ kq, T-Yerin öz oxu ətrafında fırlanma periodudur.

6.7* $g=\sqrt{G^2\frac{M^2}{R^4}+\omega^4R^2\cos^2\varphi-2G\frac{M}{R}\omega\cos^2\varphi}$; $g_q=9{,}83$ m/s^2, $g_e=9{,}78$ m/s^2, $g_o=9{,}81$ m/s^2.

6.8* h=0,7R.

6.13. 6.10^{24}kq, 5500 kq/m^3

❖ Mexanikada saxlanma qanunu

7.1. 5,14 km/saat; 1,71 km/saat.

7.2. 17,8 km/saat; 53,5 km/saat; -17,8 km/saat.

7.3. 0,3 m.

7.4. 49 C.

7.5. 1) $u_1=u_2=1{,}8$ m/s; 2) $u_1=0{,}6$ m/s; $u_2=2{,}6$ m/s. 6.6.* $L=(2v_o\sin2\alpha)/g$ - s.

7.7.* $v=sg\tau/4H$.

7.8. 12 kN.

7.10. 2,5 m.

7.11. 1–m/(m+M).

7.12. 0,01.

7.13. 2,25MC, 375 m.

7.14. E=U=98,1 C.

7.15. 32,2C; 39,4C.

7.16. 1) 6,6 C; 15,9C; 22,5 C; 2) 5,7 C; 16,8 C; 22,5 C.

7.17. 1,5 s, 19,1 m.

7.18. a) $A=D(s_2-s_1)+B(s_2^2-s_1^2)/2$; б) $A=D(s_2-s_1)+B(s_2^2-s_1^2)/2+C(s_2^3-s_1^3)/3$.

7.19. 1) 0,22; 2) 5,7 C.

7.20. N_{max} (dN/dt=0) şərti $v_2=v_o/3$ olduqda ödənilir; iş: $A=1{,}35.10^7$C.

7.21. 11,8 kVt.

7.22. 93%.

7.23. a) 4 kC, b) 3,33 kC, c) 667 C, d)83,3%.

7.24. 1) 5.10^{-3}m, 0,08 m; 2) 2.10^{-2} m.

7.25. 550m/s.

7.26 a) 800 m/s; б) 0,75.

7.27. $h_n = \dfrac{\left(mv - M\sqrt{2gh}\right)^2}{2m^2g}$.

7.31. $\mu = \frac{h}{a+b}$.

7.32. mgR/6

7.33. 300m/s.

7.34. $T = \frac{mg(3L-2LCos\alpha-a)}{L-a}$.

7.35. h=25L/27 .

7.36 .$\Delta L \geq \frac{3mg}{k}$

7.37. $A = \rho g h^3 (H - \frac{h}{2})$.

7.38 $[v_c = v\sqrt{\cos^2\alpha + (\sin\alpha - \cos\alpha \cdot tg\beta)/4}\ ]$,

7.39.$v_1 \frac{V+U}{2Cos\frac{\alpha}{2}}$

7.40. a=g.ctgα

7.41.

$$[S = \frac{v_o^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)};\ t_1 = \frac{v_o}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)};\ t_2 = \frac{v_o}{g\sqrt{\sin^2\alpha - \mu^2\cos^2\alpha}}\ ]$$

❖ 8. Bərk cismin fırlanma hərəkəti

8.1. 2,35 rad/s^2.

8.2. 100 Nm.

8.3. 1) 7,8 rad/s^2; 2) 1 dəq 20 san sonra.

8.4. 1) 513 Nm; 2) 600 dövr).

8.5. 1) 1,1 s sonra; 2) 0,81 C; 3) 4,1 N).

8.6. T_1-T_2= (Jε+$M_{sür}$)/R= 1,08 kN.

8.7. 1) 3,53 m/s^2; 2) 6,3 N, 4,5 N).

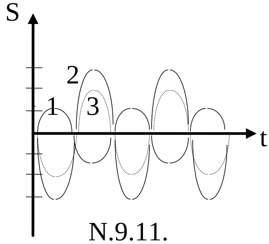
8.8. s=m_2g(sinα- μcosα)t^2/(2m_2+m_1)=2,64 m.

8.9. s=3v_o/(4gsinα)=7,5 m.

8.10. A=$\pi^2 n^2 mR^2$=16 kC.

8.11. J=$mr^2[gt^2h_2/(h_1(h_1+h_2))-1]$=1,63.$10^3$ kqm^2.

8.12. $J=(1/2)m(R^2+r^2)=34.10^{-4}$ kqm^2).
8.13. 29,4 C.
8.14. $A=3{,}2\pi^3R^5\rho\nu=34{,}1$ C. ρ - misin sıxlığıdır.
8.15. 3,5. m/s^2, 3,27 m/s^2; 2,44 m/s^2; 4,9 m/s^2.
8.16. $v=\sqrt{\dfrac{2mgh}{m+\dfrac{J}{R^2}}}$. 1) 2,65m/s, 2) 2,56 m/s, 3) 2,21 m/s, 4) 3,14 m/s
8.17. 1)0,01 kqm^2, 2)9,4.10^{-2} Nm.
8.18. $\Delta t=E_к/\pi\nu M=5$ s.
8.19. 7,1 m/s.
8.20. $\omega_1=\omega_2=14$ rad/s, 1) 1,05 m/s, 2) 2,1m/s.
8.21. 21 dövr/dəq.
8.22 $v=[2(M+m)/m](gl)^{1/2}\sin(\alpha/2)$ =943 m/s.
8.23. $F=\frac{m(v^2+gL)}{L}$
8.24. $F=mg(1+\sqrt{1+\frac{2k(h-L)}{mg}})$



N.9.11.

❖ 9. Rəqsi hərəkət

9.2. 4,71 sm/s, 7,4 sm/s^2.
9.3. 2 rad/s, 40 sm/s^2.
9.4. $A=2x_1^2/(4x_1^2-x_2^2)^{1/2}$=8,33sm.
9.5. $x=0{,}037\sin(\pi t/4+\pi/8)$ m.
9.6. 4,6.10^{-2}m, 62°46'.
9.7. 1)7 sm, 2)5 sm.
9.8. $x^2/4+y^2/4=1$ – Radiusu 2 m olan çevrə
9.9. $x^2/1+y^2/4=1$.
9.10. y=-4 x – düz xətt tənliyi.
9.11. şək N9.11-ə bax.
9.12. A=3,86 sm; φ=0,417π rad; ω=4,19 rad/s. $x=A\cos(\omega t+\varphi)$
9.13. A=6 sm; φ=π/3 рад; ω=π rad/s. $x=A\cos(\omega t+\varphi)$
9.14. 1) -62,5 mN, 2)-125 mN.
9.15. 4,39 mN, 877 mkC.
9.16. 9,8 q; 0,02 s.

9.17. 4,87 N/m.
9.18. 0,8 C.
9.19. 1,16s.
9.20. 1,07 s.
9.21. 1,05 dəfə.
9.22. $J=T^2k/4\pi^2=4/10^{-3}$ kqm^2.
9.23. 10 sm.
9.24. $T=2\pi\sqrt{2R/g}$ =1,55 s.
9.25. $T=\frac{4}{d}\sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}}$ =1,6 s.
9.26. 15 dəq.
9.27. 0,0023 s^{-1}.
9.28. 2,31.10^{-3}.
9.29. $N=\ln(A_1/A_2)/\theta$.
9.30. $\nu=\sqrt{4km-r^2}\ /\ 4\pi m=$ 2,5 Hs.

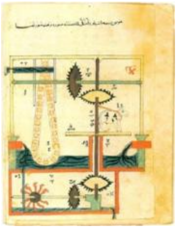
İbn Rüşd (***Əbu əl-Valid Məhəmməd ibn Əhməd ibn Rüşd*****; (1126, Kordova xilafəti, İspaniya — 10 dekabr 1198, Mərakeş) -** Qərbdə **Averroes** kimi tanınan dahi əndəluslu ərəb filosof və təbi bi. Fəlsəfə, riyaziyat, fiqh və tibbin kamil bilicisi. İbn Rüşd tibbə aid "Külliyyat" adlı ensiklopedik əsər yazmiş, sonralar bu əsər Latın dilinə tərcümə edilərək (Colliget) uzun müddət Orta əsrlər Avropa universitetlərində tədris olunmuşdur. Bundan əlavə ibn Rüşd antik dövr yunan təbibi Qalenin əsərlərindən ibarət müntəxabat hazırlamış və İbn Sinanın Qanun fit-tibb (Təbabət qanunları) əsərinə şərh yazmış dır. Fəlsəfə sahəsində İbn Rüşd Aristotel və Platonun əsərlərinə dəyərli elmi şərhlər vermişdir. Öz əsərlərinə gəldikdə ən mü hüm fəlsəfi əsəri olan "Təhafütü't Təhafüt"ü (Təkzibi təkzib etmə) Əl-Qəzəlinin Aristotel fəlsəfi məktəbinin tənqidinə cavab olaraq yazmışdır. Belə ki, Əl-Qəzəli özünün "Təhəfüt əl-Fəl səfə" (Fəlsəfəni tənqid) əsərində Aristotel fəlsəfəsinin, xüsusilə İbn Sinanın Aristotelə verdiyi şərhlərin İslam fəlsəfə sinə zidd olduğunu iddia edirdi. İbn Rüşdün digər əsərləri "Fəsl əl-Məqəl" və "Kitab əl-kəşf"dir. Birincidə İbn Rüşd fəlsəfi araşdırmaların İslam qanunları çərçivəsində mümkün olduğunu sübut edir. İbn Rüşd Aritotel fəlsəfi sistemini İslamla uzlaş dırmağa çalışırdı. İbn Rüşdə görə din və fəlsəfə (elm) arasında heç bir ziddiyət yoxdur, əksinə bunlar eyni və vahid olan həqi qətə müxtəlif yanaşmalardır. O, kainatın sonsuzluğuna inanırdı və ruh anlayışını "fərdi" və "ilahi" olmaqla iki qrupa ayırırdı. İbn Rüşd "Həqiqət təlimi" anlayışını da iki kateqoriyaya ayırırdı: Dinə və imana əsaslanan həqiqət təlimi və fəlsəfəyə, elmə əsaslanan həqqiqət təlimi. İbn Rüşd həmçinin Atlantik okeanının digər sahilində qurunun olması fikrini irəli sürən ilk alimlərdən biri sayılır. Məlumdur ki, Amerikanı kəşf edən məşhur səyyah Xristofor Kolumb müəllimi Nəsirəddin Tusinin elmi işlərini araşdıraraq, orada Amerikanın mövcudluğunun riyazi isbatını tapmışdı. Kolumb bundan sonra Amerikaya səyahət etmək fikrinə düşmüşdü.

ƏDƏBİYYAT

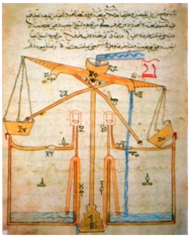
1. Балаш В.А.. Сборник задач по курсу общей физики. - М.:Просвещение, 1978.
2. Волькенштейн В.С. Сборник задач по физике. - М.: Наука, 1985.
3. Гурьев Л.Г., Кортнев А.В., Куценко А.Н. и др. Сборник задач по общему курсу физики.- М.:Высшая школа, 1966.
4. Мясников С.П., Осанова Т.Н. Пособие по физике.- М.: Высшая школа, 1981.
5. Новодворская Е.М., Дмитриев Э.М. Методика проведения упражнений по физике во втузе. - М.:Высшая школа, 1981.
6. Парфентьва Н., Фомина М. Решение задач по физике (ч.2) - М.:Мир, 1993.
7. Стрелков С.П., Эльцин И.А., Яковлев И.А. Сборник задач по общему курсу физики (ч.1) - М.:Наука, М,1964.
8. Тульчинский М.Е. Сборник качественных задач по физике. - М.:Просвещение, 1965.
9. Цедрик М.С.(ред.) Сборник задач по курсу общей физики.- М.:Просвещение, 1989.
10. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. - М.:Высшая школа, 1981.
11. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С.Волькенштейн. – СПб.: Лань, 1999. – 328 с.
12. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учебное пособие / И.Е.Иродов. – СПб.: Лань, 2001. – 416 с.
13. Калашников, Н.П. Основы физики: учебник для вузов: в 2 т. / Н.П.Калашников, М.А.Смондырев. - 2-е изд., перераб. – М.: Дрофа, 2003.
14. Детлаф, А.А. Курс физики: учеб. пособие для вузов / А.А. Детлаф, В.М. Яворский. - М.: Высш.шк., 1989.- 608 с.
15. Курс физики: учеб. для вузов: в 2 т. Т. 1 / под ред. В.Н.Лозовского. – СПб.: Лань, 2000. – 576 с.
16. Трофимова, Т.И. Курс физики/ Т.И. Трофимова. - М.: Высш. шк., 1999.-542 с.

17. Задачи и упражнения с ответами и решениями. Фейнмановские лекции по физике. Мир-1969. Под ред. А.П.Леванюка.
18. Г.В.Меледин. Физика в задачах. Задачи с решениями.1989 Наука. 272 стр. İSBN 502-014059-7.
19.A.İ.Muxtarov, Ş.Q.Həmidov. Fizikadan olimpiada məsələləri. Maarif. Bakı 1987.22.3-M85. 124səh.
20 С.И. Кашина, Ю.И. Сезонов Сборник задач по физике Москва. Высшая школа. 1984 ББК 22.3. К.31. 207 стр.
21. 3800 задач по физике. İSBN 5-710702775X M. Дрофа. 2000. 671 стр.
22. Соколовская С.Н. и др. Сборник задач для самостоятельного решение по физике и биофизике. 2007 Респ. Белорусь
23. F.Əliyev Fizika məsələləri

.



Bədiüzzaman-Cəzəri (1136-1206) İslam ölkəsinin da Vinçisi. Qərb mənbələrinin “Dövrünün zirvəsinə qalxmış müsəlman mühəndis” kimi tərif etdiyi Cəzəri Şərqi Anadoluda Diyarbakır Artuklu sarayında 32 il baş mühəndis olmuşdur. Cəzəri eyni zamanda xəbərləşmə, nəzarət, müvazinət qurma və nizamlama elmi olan kibernetika elminin ilk banisidir. Zaman ərzində təkmilləşərək kompüterlərin ortaya çıxmasına imkan yaradan bu elm sahəsi insanlarda və cihazlarda məlumat mübadiləsi, nəzarəti və müvazinətin vəziyyətini tədqiq edir.



Cəzərinin çox saylı icadları bu gün də heyrətamiz keyfiyyətlərə malikdir. Cəzəri su saatları, avtomatik nəzarət qurğuları, fəvvarələr, qan toplama qabları, şifrəli qıfıllar və robotlar kimi praktik və estetik bir çox qurğuların dizaynını verən və bunların necə həyata keçiriləcəyini izah edən “Əl-Cami bəynə’l-İlm və’l-amələin-nafi fi sinaati’l hiyəl” (Cihaz hazırlanmasında faydalı məlumatlar və tətbiqlər) adlı kitabın müəllifidir. Əsərdə bütün şəkilləri özü çəkmiş və rəngləmişdir. XX əsrin başlanğıcından Qərb dünyasında böyük maraqla qarşılanan bu əsər 1974-cü ildə “Al Jazari’s Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices” (Əl Cəzərinin mahir mexaniki cihazlar haqqında məlumat kitabı) adı altında Donald R. Rill tərəfindən ingilis dilinə tərcümə edilmişdir. Kitabın tərcüməsinə ön söz yazan məşhur elm tarixçisi prof. Uayt Cr. bir çox kəşfin Leonardo da Vinçi və digərlərindən çox əvvəl Cəzəri tərəfindən edildiyini bildirir. Kibernetika elmindən istifadə etməklə düzəltdiyi mükəmməl cihazlara bənzər icadlara Cəzərinin vəfatından ancaq 200-500 il sonra başqa əsərlərdə rast gəlinir. Cəzərinin əsərində avtomatik cihazlar, robot fillər, öz-özünə oxuyan tovuz quşları, avtomatik saatlar, ələ su tökən robot insan və mühəndisliklə bağlı bir çox cihazların düzəldilməsi və işləməsi haqqında məlumatlar verilmişdir. Kitabda 50 cihazın ətraflı dizaynı çertyojları ilə birgə verilmişdir. Bu alətlərin 6-sı su saatı, 4-ü parafinli saat, 6-sı uzunlüləkli dolça, 7-si əyləncə məqsədilə istifadə edilən müxtəlif səslər çıxaran avtomat cihazlar, 3-ü dəstəmaz almaq üçün istifadə edilən avtomat cihaz, 4-ü qan alma qabı, 6-sı fəvvarə, 4 -ü özü səs çıxaran cihaz, 5-ci suyu yuxarı çıxaran cihaz, 2-si qıfıl, 1-ci bucaq ölçən, 1-i qayıq su saatı və Amid şəhərinin qapısıdır. Cəzəri bu cihazlarda istifadə edilən xüsusi hissələri də çox dəqiqliklə hazırlamışdır.

M Ü N D Ə R İ C A T

Nizami Gəncəvi (1141- Gəncə- Azərbaycan - 12 mart - 1209 Gəncə Azərbaycan) – mütəfəkkir alim-filosof.

“Maqnit olmasaydı eşqin əsiri, çəkməzdi özünə dəmir zənciri, Kəhrəbanın eşqə düşməsə canı, elə cəzb etməzdi quru samanı, Dünyada gövhər var, daş var nə qədər , onlar nə bir saman, nə dəmir çəkər”

Nizami cisimlərin elektriklənməsi hadisəsinin mahiyyəti haqqında söyləmişdır.

“Xosrov və Şirin” əsərindən:

"Belədir dağların dönməz ilqarı, daşa basir ona kəc baxanları. Düşmənin boğazı maqnitə bənzər oxun nizəsini özünə çəkər." Maqnit metal əşyaları özunə cəzb edir. Lakin onların içərisində ən güclü cəzb etdiyi dəmirdir. Dəmirin bu xüsüsiyyətinin şairə bəlli olmuş, təkcə dəmirin maqnit tərəfindən cəzb olunması xüsüsiyyəti deyil, onun daha çox istilikdə əriməsini də bilirmiş.

“Leyli və Məcnun” əsərindən:

""Bil ki dəmir kimi olsan da möhkəm, Səni də əridər ahımdakı qəm""

Səsin maneədən geri qayıtması xassəsini göstərərək:

"Kim dağa sirrini söyləsə əgər, dağ eşitdiyini geriyə verər."

Cisimləri görməyimizə səbəb, işıq şüalarının cisimlərdən əks olunaraq gözümüzə düşməsi faktını belə yazır:

"İşıq cinsindədir hərçənd ki, çıraq, işıqsız çıraq da görünməz ancaq"

Cisimlər arasında cazibə xarakterli qarşılıqlı təsirin olmasını: ""Göyə doğru əgər çox qalxırsa su, yenə torpaq olar ən son arzusu. Kainatda hər şey cəzbə bağlıdır, filosoflar bunu eşq adlandırır.""

Cisimlərin hərəkəti haqqında:

"Əvvəl vardı ancaq tək bir hərəkət, onu iki yerə ayırdı sürət. Cövhər. keşməkeşdən doğub parladı,“hərəkət eyləyən cisim” oldu adı."

“Leyli və Məcnun” əsərindən:

“Yerin hüdudundan o tərəfdə də...buludlar fələklər qarışır yenə,
Onlar bir-birinə sarılmış bərk-bərk, Hamısı tor kimidir gəzir kürətək
Bu kürə şəklində yalnız yer deyil, Hər xətt hərlənir yuvarlaqdır bil...

Maraqlı odur ki, kainatın fırlanmasının kəşfi 1927-ci ildən Holland astronomu Oort adına yazılır. Nizami isə XII əsrdə şerin dili ilə Yerin fırlandığını göstərmişdir. Tək Yerin yox kainatdakı bütün göy cisimlərinin fırlandığını söyləyirdi.

“*...Tüstü bu dərədən qalxar yuxarı Iki üç cidalıq gəzər rüzgarı,*
Sonra əyilərək geriyə dönər, Bu yer kürəsini başına enər.”

Nizami Yeri əhatə edən atmosfer qatını bir tüstüyə bənzədir, onun da varlığından xəbərdar olduğunu deyirdi.
“Pərgar xətt kimi dolanan fələk, Yalnız bu qaydada dövr edir gerçək” misraları müəyyən kənara çıxmaları nəzərə almasaq, yerin öz oxu ətrafında bərabərsürətlə hərəkətinə birbaşa işarə idi.
"İsgəndərnamə" əsərində:
“ Əvvəl mövcud oldu tək hərəkət, Onu iki yerə ayırdı sürət.
Hər iki hərəkət gəlib bir yerə, Əvvəlki hərəkət ayrıldı yenə.
Bu üçü qoşulub bir-birinə, Üç xətt zahir olur üç hərəkətdən,
Üç dövrə yarandı ondakı xətdən”. burada hərəkətin növlərini aşıqlamış, yaranan bərabər sürətli və dəyişənsürətli hərəkəti fərqləndirmişdir. Eyni zamanda fəza və zaman anlayışına toxunaraq üç ölçülü kooridinat sisteminin mövcudluğunu aydın şəkildə göstərmişdir.
Zərrə qədər boyası rəngi varmı havanın,
Tutqunluğu könüllər oxşayırmı havanın?
Hər kim ki, əyninə göy paltar geyər,
Günəşi özünə çörək eyləyər...
Nizami işığın dispersiyası mövzusuna toxunub. Biliyimiz kimi Günəş işığı yerə çatana qədər fəzada səpilir və spektrə ayrılır. Göyün üzü mavi rəng alır.
Böyük filosof bir şerində Yer üzündə yalnız ağ rəngin mövcudluğunu qalan bütün rənglərin ondan alınmasını xüsusi ustalıqla qələmə alır.
Səma saflığında gümüş qədər ağ,
Günəş kimi təmiz gün kimi parlaq.
Gündüzün işığı ağlığındadır,
Ayın yaraşığı ağlığındadır.
Rənglər sünidir dünyada bir ağ,
Bilməyir sünilik, bilməyir boyaq.

Kitabı vaxt tapıb oxuduğunuza görə təşəkkür edirik.

QEYD ÜÇÜN