2. ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ПОСТУПАТЕЛЬНО ДВИЖУЩЕГОСЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Инерциальные системы отсчета

Важная роль выбора системы отсчета впервые продемонстрирована Коперником (около 1500г.). В системе отсчета введенной Коперником, связанной с Солнцем и звездами, настолько упростился характер движения планет, что трудолюбивый Кеплер (в 1609-1619гг.) сумел сформулировать три знаменитых закона, описывающих движение планет. Следуя Копернику, Ньютон навсегда в качестве тел отсчета выбрал Солнце и звезды. Опираясь на законы Кеплера, Ньютон установил закон всемирного тяготения, а затем и три закона движения (около 1666г.). Все это было сделано применительно к коперниковой (гелиоцентрической), инерциальной системе отсчета.

Первый закон Ньютона содержит определение инерциальной системы отсчета:
Существуют такие системы отсчета, назовем их инерциальными (ИСО), в которых тело, изолированное от других тел, сохраняет свою скорость постоянной.

Нахождение силы из закона движения.

Импульсом материальной точки называется величина, равная произведению массы точки на ее скорость $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$. По определению, сила – это величина, показывающая, как быстро изменяется импульс материальной точки со временем, то есть

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(m \cdot \vec{v}\right) = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}\ ,$$

причем последние два равенства справедливы, если масса тела постоянна.

2.1. Материальная точка массой *1* кг движется по прямой линии со скоростью, величина которой зависит от времени по закону $v = 4t^3$. Вычислите величину силы, действующей на материальную точку через *2*с после начала движения.

2.2. Материальная точка движется вдоль координатной оси *OX* в соответствии с законом $x = t^2 - 2t^3$. Через сколько времени τ, после $t = 0$, сила, действующая на материальную точку, будет равна нулю?

2.3. Материальная точка движется вдоль координатной оси *OX* в соответствии с законом $x = 5t^2 - t^3$. В начальный момент на материальную точку действует сила, проекция которой на координатную ось равна *2Н.* Вычислите проекцию силы F_X в момент изменения направления движения.

2.4. Материальная точка движется вдоль координатной оси *OX* в соответствии с законом $x = ct^2 - kt^3$, здесь *c* и *k* - постоянные величины. В начальный момент на материальную точку действует сила, проекция которой на координатную ось равна $F(0)$. Найдите проекцию силы F_X в тот момент, когда материальная точка опять проходит через начало координат.

2.5. Материальная точка массой *1* кг движется в плоскости *XY* в соответствии с законами $x = 0{,}25\sin 2t, y = 0{,}25\cos 2t$. Вычислите модуль силы, действующей на материальную точку.

Интегрирование уравнения движения. Сила линейно зависит от времени.

$m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}$ - уравнение движения материальной точки в векторной форме.

В проекции на оси прямоугольной системы координат уравнения движения принимают вид

$$m \cdot \frac{dv_x}{dt} = F_x\,; \quad m \cdot \frac{dv_y}{dt} = F_y\,; \quad m \cdot \frac{dv_z}{dt} = F_z$$

Интегрируем соответствующее дифференциальное уравнение методом разделения переменных.

2.6. Материальная точка массы m = 1кг начинает двигаться под действием силы $\vec{F} = 4t\vec{i} + 3\vec{j}$. Вычислите модуль скорости материальной точки в момент времени t = 2с.

2.7. Брусок начинает скользить по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. Коэффициент трения бруска по плоскости пропорционален времени: μ = bt. Здесь b – постоянная величина. Найдите время τ, через которое брусок остановится.

2.8. Брусок массы m покоится на гладкой горизонтальной плоскости. На брусок начинает действовать сила, величина которой пропорциональна времени: $F = ct$. Здесь c – постоянная величина. Направление силы составляет постоянный угол α с горизонтом. Найдите величину скорости бруска в момент его отрыва от плоскости.

2.9. Брусок массы m покоится на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения бруска по плоскости равен μ. В момент t = 0 на брусок начинает действовать в определенном направлении горизонтальная сила, модуль которой пропорционален времени: $F = bt$. Здесь b – постоянная величина. Найдите путь, пройденный бруском за первые t секунд действия этой силы.

Интегрирование уравнения движения. Сила зависит от времени по гармоническому закону.

2.10. Тело массы *2* кг начинает двигаться под действием силы $F = 2 \cdot \sin t$. Вычислите скорость тела в момент t = π с.

2.11. Материальная точка начинает двигаться под действием силы $\vec{F} = \vec{F}_0 \cdot \cos(3{,}14 \cdot t)$. Вычислите время τ движения материальной точки до первой остановки.

2.12. Материальная точка массы m начинает двигаться в момент t = 0 под действием силы $\vec{F} = \vec{F}_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$. Здесь $\vec{F}_0$ и ω – постоянные величины. Сколько времени τ материальная точка будет двигаться до первой остановки? Найдите путь s, пройденный материальной точкой за это время.

2.13. Материальная точка массы m начинает двигаться в момент t = 0 под действием силы $\vec{F} = \vec{F}_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$. Здесь $\vec{F}_0$ и ω – постоянные величины. Найдите путь, пройденный материальной точкой как функцию времени.

Интегрирование уравнения движения. Сила зависит от координаты.

В уравнении движения $m \cdot \frac{dv_x}{dt} = F_x(x)$ делаем замену $dt = \frac{dx}{v_x}$. Тогда уравнение принимает вид $m \cdot v_x \cdot dv_x = F_x(x) \cdot dx$, то есть переменные разделились и можно выполнить интегрирование.

2.14. Тело движется вдоль координатной оси X под действием силы трения, проекция которой на ось X равна $F_X = -4 \cdot x$. Вычислите величину скорости при $x = 0$, если при $x = 3$ м тело остановилось. Масса тела $m = 1$ кг.

2.15. Материальная точка массы m движется вдоль координатной оси X под действием силы, проекция которой F_x находится по формуле $F_x = -k \cdot x$. В начальный момент времени $x(0) = x_m$, $v_X(0) = 0$. Найдите зависимость $v_X(x)$.

2.16. Известно, что на небольшое тело массы m со стороны Земли массы M и радиуса R действует сила притяжения $G \cdot m \cdot M / x^2$ (причем $x > R$). Здесь x – расстояние от центра Земли до тела. С высоты $H = R$ из состояния покоя падает небольшое тело. Пренебрегая действием всех сил, кроме силы притяжения, найдите скорость v тела перед самым приземлением.

2.17. Тело упало с высоты, равной радиусу Земли. Вычислите скорость тела перед приземлением. Гравитационная постоянная, масса Земли и ее радиус равны соответственно $6{,}7 \cdot 10^{-11}$; $6 \cdot 10^{24}$; $6{,}4 \cdot 10^{6}$.

2.18. Тело бросили вертикально вверх и оно поднялось на высоту равную радиусу Земли. Вычислите необходимую для этого начальную скорость. Гравитационная постоянная, масса Земли и ее радиус равны соответственно $6{,}7 \cdot 10^{-11}$; $6 \cdot 10^{24}$; $6{,}4 \cdot 10^{6}$.

2.19. Известно, что на небольшое тело массы m со стороны Земли массы M и радиуса R действует сила притяжения $G \cdot m \cdot M / x^2$ (причем $x > R$). Здесь x – расстояние от центра Земли до тела. Найдите максимальное расстояние H, на которое может удалиться тело от поверхности Земли, если на поверхности Земли ($x = R$) ему сообщить в направлении от центра начальную скорость v_0.

2.20. Известно, что на небольшое тело массы m со стороны Земли массы M и радиуса R действует сила притяжения $G \cdot m \cdot M / x^2$ (причем $x > R$). Здесь x – расстояние от центра Земли до тела. С большой (!) высоты H из состояния покоя падает небольшое тело. Пренебрегая действием всех сил, кроме силы притяжения, найдите скорость v тела перед самым приземлением.

Интегрирование уравнения движения. Сила линейно зависит от скорости.

2.21. Лодка массой $m = 150$ кг движется в озере со скоростью $\vec{v}$ под действием силы сопротивления $\vec{F} = -2 \cdot \vec{v}$. Вычислите время τ, за которое скорость лодки уменьшится в 2,7 раза.

2.22. Лодка массой $m = 150$кг движется в озере со скоростью 0,2 м/с под действием силы сопротивления $\vec{F} = -2 \cdot \vec{v}$. Вычислите длину пути s лодки до остановки.

2.23. Катер движется по озеру со скоростью v_0. В момент времени $t = 0$ выключили его двигатель. Через время $t = \tau$ скорость катера уменьшилась в два раза. Считая силу сопротивления, действующую на катер, пропорциональной скорости катера, найдите путь s, пройденный им за время τ.

2.24. Капля дождя падает из состояния покоя под действием постоянной силы тяжести mg и силы сопротивления, пропорциональной скорости капли $F = k \cdot v$. Найдите зависимость скорости капли от времени.

Интегрирование уравнения движения. Сила пропорциональна квадрату скорости.

2.25. Шарик массы 5 г, движущийся со скоростью 10 м/с попадает в доску, где на него действует сила сопротивления величиной $0{,}05\cdot v^2$. Вычислите скорость шарика в момент $t = 0{,}01$ с.

2.26. Пуля, пробив доску толщиной H, изменила свою скорость от v_0 до v. Найдите время τ движения пули в доске, считая силу сопротивления пропорциональной квадрату скорости.

2.27. Катер массы m движется по озеру со скоростью v_0. В момент времени $t = 0$ выключили его двигатель. Величина силы сопротивления, действующая на катер, пропорциональна квадрату скорости катера: $F = b\cdot v^2$. Здесь b – постоянная величина. Найдите зависимость величины скорости катера от времени.

Неинерциальные системы отсчета

Система отсчета, относительно которой материальная точка движется с ускорением, при условии, что на эту точку не действуют другие тела, называется неинерциальной (НСО).

Можно сказать иначе. Система отсчета, которая движется поступательно с ускорением и/или вращается относительно инерциальной системы отсчета (ИСО), называется неинерциальной (НСО).

Введем следующие обозначения:

$\vec{v}'$, $\vec{a}'$ - скорость и ускорение материальной точки относительно неинерциальной K' - *СО;*

$\vec{r}'$ - радиус-вектор материальной точки относительно неинерциальной K'- *СО;*

$\vec{A}$ - ускорение неинерциальной K'- *СО* относительно инерциальной *К – СО* в поступательном движении;

$\vec{\Omega}$, $\vec{B}$ - угловая скорость и угловое ускорение неинерциальной K'- *СО* относительно инерциальной *К – СО* во вращательном движении.

В этих обозначениях уравнение движения материальной точки в неинерциальной системе отсчета имеет вид:

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \left(-m\vec{A}\right) + m\left[\vec{r}',\vec{B}\right] + m\left[\left[\vec{\Omega},\vec{r}'\right],\vec{\Omega}\right] + 2m\left[\vec{v}',\vec{\Omega}\right].$$

В правой части уравнения:

$\vec{F}$ - сумма всех сил, действующих на материальную точку со стороны других тел, то есть тех сил, которые определены в рамках системы законов Ньютона;

$\left(-m\vec{A}\right)$ - сила инерции, действующая в НСО, движущейся поступательно с ускорением $\vec{A}$;

$m\left[\vec{r}',\vec{B}\right]$ - сила инерции, действующая в НСО, вращающейся с угловым ускорением $\vec{B}$;

$m\left[\left[\vec{\Omega},\vec{r}'\right],\vec{\Omega}\right]$ - центробежная сила инерции, действующая в НСО, вращающейся с угловой скоростью $\vec{\Omega}$;

$2m\left[\vec{v}',\vec{\Omega}\right]$ - сила инерции Кориолиса, действующая в НСО, вращающейся с угловой скоростью $\vec{\Omega}$, если материальная точка движется относительно НСО со скоростью $\vec{v}'$ и при условии, что векторы $\vec{v}'$ и $\vec{\Omega}$ составляют угол, не равный 0^0 или 180^0.

Центробежная сила инерции.

2.28. Земля – неинерциальная система отсчета (НСО) во - первых потому, что она вращается вокруг собственной оси, проходящей через ее полюса – это суточное движение, и во - вторых потому, что она движется по почти что окружности вокруг Солнца, с которым связана ИСО – это годовое движение. Оцените ускорения точки земного экватора относительно ИСО по первой a_1 и, отдельно, по второй a_2 причине. Считайте, что радиус Земли равен $R_1 = 6{,}4\cdot10^6$м, расстояние от Земли до Солнца равно $R_2 = 1{,}5\cdot10^{11}$м. Вычислите отношения a_1/a_2, a_1/g, a_2/g, полагая, что $g = 9{,}81$м/с^2.

2.29. Над некоторой точкой экватора постоянно “висит” геостационарный спутник Земли. Почему он не падает на Землю с точки зрения земного наблюдателя? Принимая во внимание, что масса M Земли, гравитационная постоянная G и длительность земных суток T равны соответственно $6\cdot10^{24}$кг; $6{,}7\cdot10^{-11}$м^3/(кг·с^2) и $8{,}64\cdot10^4$с, вычислите расстояние r от центра Земли до спутника.

Сила инерции Кориолиса.

2.30. Поезд массы $m = 2\cdot10^6$ кг движется на северной широте $\varphi = 60^0$. Найдите величину и направление силы бокового давления поезда на рельсы, если он движется вдоль меридиана на Север со скоростью $v' =$ 54 км/ч.

2.31. На экваторе с высоты $H = 500$ м на поверхность Земли падает тело (без начальной скорости относительно Земли). Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите, на какое расстояние и в какую сторону отклонится от вертикали тело при падении.

2.32. Винтовку навели на вертикальную черту мишени, находящейся точно в северном направлении, и выстрелили. Пренебрегая сопротивлением воздуха, оцените, на сколько x сантиметров и в какую сторону пуля, попав в мишень, отклониться от черты. Выстрел произведен в горизонтальном направлении на широте $\varphi = 60^0$, скорость пули $v' = 900$ м/с и расстояние до мишени $s = 1$ км.

Центробежная сила инерции и сила инерции Кориолиса.

2.33. Многие полагают, что Солнце движется вокруг Земли (а не Земля вокруг Солнца) по окружности радиуса $R = 1{,}5\cdot10^{11}$м, делая один оборот за время $T = 8{,}64\cdot10^4$с (земные сутки), причем соответствующее центростремительное ускорение создается только силой, описываемой законом тяготения. Принимая во внимание, что масса Земли и гравитационная постоянная равны соответственно $M = 6\cdot10^{24}$кг и $G = 6{,}7\cdot10^{-11}$м^3/(кг·с^2), убедитесь в том, что такая сила не может обеспечить необходимое ускорение. Какую ошибку мы делаем, рассуждая таким образом? Покажите вычислениями, какие силы действительно формируют центростремительное ускорение Солнца с точки зрения земного наблюдателя.

2.34. Гладкий горизонтальный диск вращают с угловой скоростью $\Omega = 5$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. В центр диска поместили небольшую шайбу массой $m = 60$ г и сообщили ей начальную горизонтальную скорость $v_0 = 2{,}6$ м/с. Найдите величину F силы Кориолиса, действующей на шайбу в системе отсчета “диск”, через время $t = 0{,}5$ с после начала ее движения.

2.35. Человек массы $m = 60$ кг идет равномерно по периферии горизонтальной круглой платформы радиуса $R = 3$ м, которую вращают с угловой скоростью $\Omega = 1$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Найдите горизонтальную составляющую F силы, действующей на человека со стороны платформы, если сумма сил инерции, приложенных к нему в системе отсчета “платформа”, равна нулю.

2.36. Горизонтальный диск вращают с угловой скоростью $\Omega = 20$ рад /с, направленной вертикально. По радиусу диска от его центра движется небольшое тело массой $m = 0{,}1$ кг с постоянной скоростью $v' = 3$ м/с относительно диска. Вычислите величину каждой силы инерции, действующей на тело в момент, когда оно удалено от оси вращения на расстояние $r = 0{,}2$ м.

2.37. Горизонтальный диск вращают с угловой скоростью $\Omega = 3$ рад /с, направленной вертикально. По радиусу диска от его центра движется небольшое тело массой $m = 0{,}2$ кг с постоянной скоростью $v' = 2$ м/с относительно диска. Вычислите величину F суммы сил инерции, действующих на тело в момент, когда оно удалено от оси вращения на расстояние $r = 1$ м.

2.38. Стержень длиной $l = 0{,}2$ м вращают в горизонтальной плоскости равномерно с угловой скоростью $\Omega = 50/\sqrt{2}$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец. Вдоль стержня от оси вращения из состояния покоя без трения движется муфта массой $m = 0{,}1$ кг. Вычислите величину F силы Кориолиса, действующую на муфту, когда она проходит середину стержня.

2.39. Горизонтальный стержень длиной $l = 0{,}2$ м вращают с угловой скоростью $\Omega = 5/\sqrt{2}$ рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец. Вдоль стержня от оси вращения из состояния покоя без трения движется муфта. Вычислите величину v скорости муфты относительно лаборатории в момент, когда она покидает стержень.

2.40. Горизонтальный стержень *OB* с шероховатой поверхностью вращают вокруг вертикальной оси, проходящей через точку *O*, с постоянной угловой скоростью Ω. Спортсмен массой *m* ползет по стержню с постоянной относительно него скоростью v' из точки *B*. Считая спортсмена материальной точкой, найдите величину *F* силы, с которой он действует на стержень в момент, когда он оказался на расстоянии x от точки *O*.

2.41. Горизонтальный стержень *OB* с шероховатой поверхностью вращают вокруг вертикальной оси, проходящей через точку *O*, с постоянной угловой скоростью Ω. Спортсмен массой *m* ползет по стержню с постоянной относительно него скоростью v' из точки *O*. Считая спортсмена материальной точкой, найдите величину *F* силы, с которой он действует на стержень в момент, когда он отполз от точки *O* на расстояние x.

2.42. Горизонтальный гладкий стержень *OB* длиной *l* вращают вокруг вертикальной оси, проходящей через точку *O*, с постоянной угловой скоростью Ω. Небольшая муфта массой *m* движется по стержню с начальной скоростью $v_0>\Omega\cdot l$ (относительно стержня) из точки *B*. Найдите величину силы Кориолиса, действующей на муфту в момент, когда она удалена от точки *O* на расстояние x.

Ответы

2.1 $F = 48$ Н.

2.2 $\tau = 1/\ 6$ с.

2.3 $F_x = -2$ Н.

2.4 $F_x = 0$.

2.5 $F = 1$ Н.

2.6 $v = \dfrac{t}{m}\cdot\sqrt{4\cdot t^2+9} = 10$ м/с.

2.7 $\tau = \dfrac{2}{b}\cdot tg\alpha.$

2.8 $v = \dfrac{mg^2}{2c}\cdot\cos\alpha.$

2.9 При $0 \le t \le \tau$ $s = 0;$

При $t \ge \tau$ $s = \dfrac{b}{6m}\cdot t\cdot\left(t^2+3\cdot\tau^2\right) - \dfrac{\mu g}{6}\cdot\left(3t^2+\tau^2\right).$

Здесь $\tau = \dfrac{\mu mg}{b}.$

2.10 $v = 2$ м/с.

2.11 $\tau = 1$ с.

2.12 $\tau = \dfrac{\pi}{\omega};$

$s = \dfrac{2\cdot F_0}{m\cdot\omega^2}.$

2.13 $s = \dfrac{F_0}{m\cdot\omega^2}\cdot\left(\omega t - \sin\omega t\right).$

2.14 $v_0 = \frac{2}{\sqrt{m}} \cdot x = 6$ м/с.

2.15 $v_x(x) = \sqrt{\frac{k}{m} \cdot \left(x_m^2 - x^2\right)}.$

2.16 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}.$

2.17 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \approx 7{,}9$ км/с.

2.18 $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{R}} \approx 7{,}9$ км/с.

2.19 $H = \frac{R}{\frac{2GM}{R \cdot v_0^2} - 1}.$

2.20 $v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M \cdot H}{R \cdot (R + H)}}.$

2.21 $\tau = \frac{m}{2} \cdot \ln(2{,}7) = 75$ с.

2.22 $s = \frac{m \cdot v_0}{2} = 15$ м.

2.23 $s = \frac{v_0 \cdot \tau}{2 \cdot \ln 2}.$

2.24 $s = \frac{m \cdot g}{k} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{kt}{m}\right)\right).$

2.25 $v = 5$ м/с.

2.26 $\tau = \frac{m}{k} \cdot \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v_0}\right).$

2.27 $v = \frac{1}{\frac{1}{v_0} + \frac{b}{m} \cdot t}.$

2.28 $a_1 = \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 \cdot R_1 \approx 3{,}4 \cdot 10^{-2}$ м/с^2.

$a_2 = \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 \cdot R_2 \approx 0{,}6 \cdot 10^{-2}$ м/с^2.

$\frac{a_1}{a_2} \approx 5{,}8.$

$\frac{a_1}{g} \approx 0{,}0035.$

$\frac{a_2}{g} \approx 0{,}0006.$

2.29 Геостационарный спутник покоится относительно неинерциального земного наблюдателя под действием двух равных по величине и противоположно направленных сил : силы притяжения к Земле и центробежной силы инерции.

$$r = \sqrt[3]{GM \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2} \approx 42375 \text{ км.}$$

2.30 Пусть поезд идет на север. Под действием силы инерции Кориолиса, направленной на восток, колеса будут давить на восточный рельс с силой, равной силе Кориолиса.

$$F_{\text{Êîð}} = 2 \cdot mv' \cdot \Omega \cdot \sin\varphi \approx 3{,}8 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

2.31 Тело отклонится на восток на расстояние

$$s' = \frac{2\pi g}{3T}\left(\frac{2H}{g}\right)^{\frac{3}{2}} \approx 24 \text{ см.}$$

2.32 Пуля отклонится на восток на расстояние

$$x = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{s^2}{v'} \sin\varphi \approx 7 \text{ см.}$$

2.33 Ускорение Солнца при движении вокруг Земли равно

$$a = \frac{4\pi^2 \cdot R}{T^2} \approx 7{,}9 \cdot 10^2 \text{ м/с}^2.$$

Сила притяжения Солнца к Земле создает ускорение

$$a = \frac{GM}{R^2} \approx 1{,}8 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2,$$

что в $\approx 4 \cdot 10^{10}$ раз меньше необходимого. Ошибочным является предположение о том, что с Землей связана ИСО. Признание неинерциальности (из-за суточного вращения Земли) земной системы отсчета, приводит к необходимости учета силы Кориолиса, действующей на Солнце в направлении к Земле:

$$F_{\text{Êîð}} = \frac{8\pi^2 \cdot R}{T_{\text{Ç}}^2} \cdot M_{\text{Ñ}} \approx 15{,}8 \cdot 10^2 \cdot M_{\text{Ñ}}$$

и центробежной силы инерции, действующей на Солнце в направлении от Земли:

$$F_{\text{ö.á.}} = M_{\text{Ñ}} \cdot \left(\frac{2\pi}{T_{\text{Ç}}}\right)^2 \cdot R \approx 7{,}9 \cdot 10^2 \cdot M_{\text{Ñ}}.$$

Из приведенных вычислений видно, что ускорение $a \approx 7{,}9 \cdot 10^2$ м/с^2 при движении Солнца вокруг Земли обеспечивается силами инерции

$$a = \frac{1}{M_{\text{Ñ}}} \cdot \left(F_{\text{Êîð}} - F_{\text{ö.á.}}\right) = (15{,}8 - 7{,}9) \cdot 10^2 \text{ м/с}^2,$$

а сила тяготения “вносит вклад” на 10 порядков меньший и ее в этой проблеме можно не учитывать. (Интересно, какое яблоко должно было упасть на голову И.Ньютону, сидящему под яблоней, чтобы он открыл закон всемирного тяготения, пользуясь земной системой отсчета?!)

2.34 $F_{\text{Êîð}} = 2mv_0 \cdot \Omega \cdot \sqrt{1 + \Omega^2 \cdot t^2} = 4{,}2$ Н.

2.35 $F_{.} = \dfrac{m\Omega^2 R}{4} = 45$ Н.

2.36 $F_{\text{ö.á.}} = m\Omega^2 r = 8$ Н.

$F_{Êîð} = 2mv'\Omega = 12$ Н.

2.37 $F = m\Omega \cdot \sqrt{\Omega^2 r^2 + 4(v')^2} = 3$ Н.

2.38 $F = m\Omega^2 l = 25$ Н.

2.39 $v = \sqrt{2}\Omega l = 1$ м/с.

2.40 $F = m \cdot \sqrt{g^2 + (\Omega x)^2 + (2v'\Omega)^2}$.

2.41 $F = m \cdot \sqrt{g^2 + (\Omega x)^2 + (2v'\Omega)^2}$.

2.42 $F = 2m\Omega \cdot \sqrt{v_0^2 - \Omega^2 (l^2 - x^2)}$.