

МЕХАНИЧЕСКИЕ И МАЯТНИКОВЫЕ ЧАСЫ

Истории барона Мюнхгаузена

Г. Б. Филипповский, г. Киев

Друзья мои, следующие истории — о механических и маятниковых часах. Некоторые истории, связанные с механическими часами, Вы уже знаете. Так как практически все башенные часы являются механическими. А в Китае механическими были и некоторые виды водяных часов.

Непременным условием создания механических часов была зубчатая передача, появление которой, конечно, не обошлось без меня. Во время смертельной битвы с великаном тот сумел выбить мне зуб. Я, естественно, не остался в долгу, и тоже выбил ему зуб. Именно тогда и сложился девиз «Зуб за зуб», который несколько позже, уже в мирное время, предопределил появление зубчатой передачи.

Ах, эти колёсики с зубьями, вращающиеся в противоположные стороны — это было нечто! Незабываемо строительство первых механических часов на башне Дворца виконта в Милане! А Руанские башенные часы с механизмом боя через каждые четверть часа! Шестерёнки, обороты, передаточные отношения, кулачковые и храповые механизмы, муфты! Право, не было тогда нам равных в изобретательности!.. Тогда же в Париже я организовал цех часовщиков. После чего у королей, принцев и всяких влиятельных особ стали появляться настенные, наручные, карманные часы.

И всё же, должен признаться, погрешность большинства часов составляла примерно 15 минут в сутки. Многовато... Но когда за дело взялись несравненный Галилей и блистательный Гюйгенс, произошла настоящая революция в часовом деле. Галилео и Христиан, которых я убедил изучить вопрос, пришли к идеи маятниковых часов! Использование маятника в качестве регулятора хода часов



делало их во много раз точнее! Когда же я познакомил Гюйгенса с теорией эволют и эвольвента, он сразу создал часы с циклоидальным маятником, затем — с коническим маятником. Вывел формулу для нахождения периода колебаний маятника. А также задумался о морском хронометре, который позволил бы определять географическую долготу местонахождения корабля. Да, о маятниковых часах, друзья мои, могу рассказывать Вам не часами, а сутками... Но... пора переходить к обещанным историям.

ЗРОБИМО УРОК ЦІКАВІШИМ

ІСТОРИЯ 1



Башенные часы на площади Святого Марка в Венеции оказались очень быстрыми — уходили вперёд на 1 час 52 минуты в неделю. Когда однажды в полночь с воскресенья на понедельник опытный часовщик поставил их правильно, я подумал: «Любопытно, а какое время они покажут в 6 вечера в ближайший четверг?»

Решение

1 час 52 минуты — это 112 минут. С момента, когда часовщик выставил часы правильно, и до 18 часов четверга проходит 3 суток и 18 часов. Поскольку за сутки часы

уходят вперёд на $\frac{112}{7} = 16$ (минут), то за трое

суток они уйдут вперёд на 48 минут, 18 часов — это $\frac{18}{24}$ или $\frac{3}{4}$ суток. За это время часы уйдут ещё на $\frac{3}{4} \cdot 16 = 12$ (минут) вперёд.

Всего к этому времени они опередят верное время на $48 + 12 = 60$ (минут). Таким образом, в 18 часов в четверг механические часы в Венеции будут показывать 7 часов вечера.

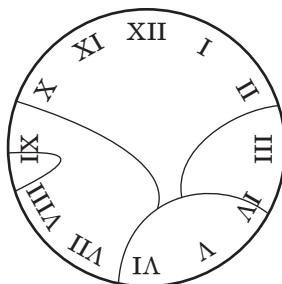
ІСТОРИЯ 2

Среди часовых дел мастеров давно существует поверье: прежде чем водрузить циферблат часов на башню, необходимо решить непростую задачу, связанную с часами. Перед тем как установить большие башенные часы Франкфурта, мастера решили мою задачу. И даже двумя способами! Вот она: разделить циферблат часов на 5 частей так, чтобы сумма в каждой части равнялась квадрату некоторого числа.

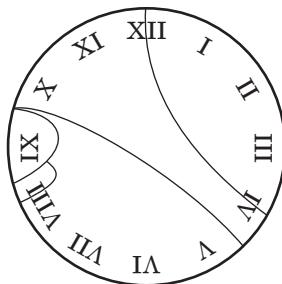
Решение

Часовщики предложили даже 2 способа, чем весьма порадовали меня. Башенным часам во Франкфурте будет сопутствовать госпожа Удача!..

Способ 1



Способ 2



ІСТОРИЯ 3

Однажды Его Величество король Англии Генрих VIII сильно устал от королевских дел. «Дорогой Барон! Заведите, пожалуйста, подаренный Вами механический будильник на 10 часов утра!..» С этими словами король уснул. Настенные часы в его покоях показывали 9 часов 15 минут. Я поставил будильник на 10 часов. Сколько времени будет спать Генрих VIII?

**Решение**

Так как механический будильник не различает 10 часов утра и 10 часов вечера, то он через 45 минут, в 10 вечера, разбудит Генриха VIII... ☺

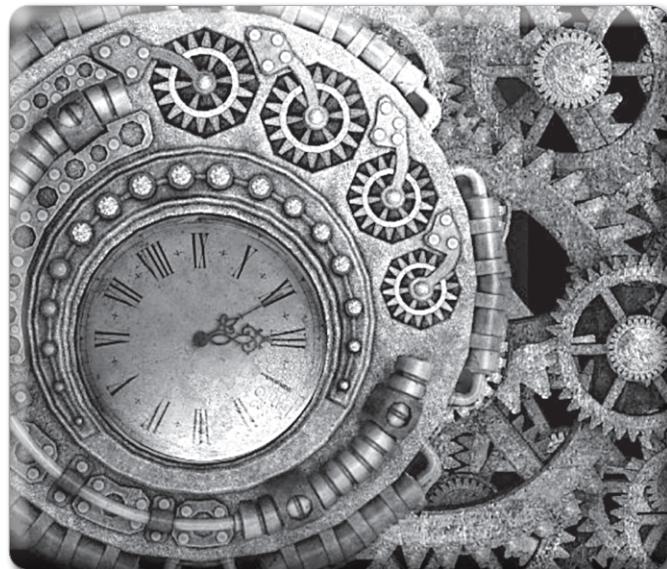
ІСТОРИЯ 4

При установке башенных часов в Падуе мы заметили, что 9 шестерёнок, зацепленных по кругу, совершенно не желают вращаться... Немного подумав, я сообразил, почему. А Вы что скажете?

**Решение**

Чтобы вращение было возможным, каждая следующая шестерёнка должна вращаться в направлении, противоположном предыдущему. Если первая шестерёнка вращается по часовой стрелке, то вторая — против часовой стрелки, третья — по часовой стрелке, четвёртая — против и так далее. Девятая шестерёнка должна вращаться по часовой стрелке. Но она сцеплена с первой шестерёнкой, которая тоже вращается по часовой стрелке. Противоречие!

Я тогда понял, что система может вращаться только при чётном количестве шестерёнок.

**ІСТОРИЯ 5**

Представьте, что два зубчатых колеса находятся в сцеплении. У большого колеса 54 зуба, а у маленького (его называют триб) — 12 зубьев. Как думаете, сколько оборотов сделает каждое колесо до возвращения в своё исходное положение?

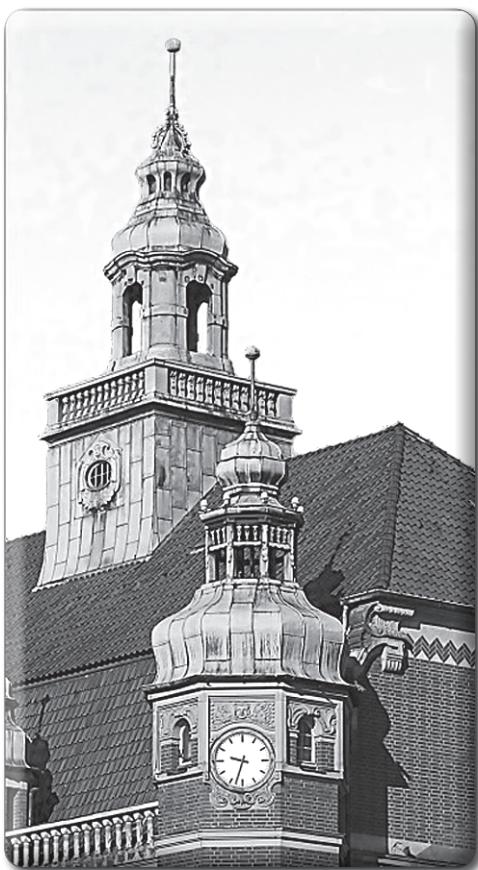


Решение

Нетрудно заметить, что наименьшее число, которое делится на 54 и на 12, это 108. При этом $108:54=2$ и $108:12=9$. Ага, большое колесо сделает 2 оборота, а маленькое (триб) — 9 оборотов.

ІСТОРИЯ 6

При установке башенных часов в Любеке долгое время не получалось отрегулировать



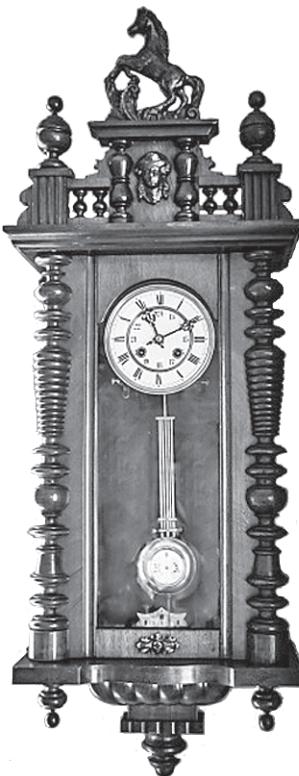
часовой механизм. За час башенные часы «убегали вперёд» на целых 45 минут. «Любопытно, какие часы чаще показывают точное время: башенные часы в Любеке или же те часы, которые вообще стоят?» — подумал я.

Решение

Чтобы часы в Любеке показали точное время, они должны опередить верно идущие часы на 12 часов или на 720 минут. Если разделим 720 на 45, то получим 16. Каждые 16 часов башенные часы Любека показывают точное время. То есть за двое суток (48 часов) они покажут точное время 3 раза. А часы, которые стоят, показывают «правильное время» 2 раза в сутки или 4 раза за двое суток. Удивительно: стоящие часы чаще показывают точное время!..

ІСТОРИЯ 7

Мои настенные часы немного отстают. Обнаружил, что на моих часах минутная стрелка догоняет часовую через каждые 66 минут, по точным часам. На сколько секунд в час опаздывают мои настенные часы?



Решение

За 12 часов, как мы уже говорили, минутная стрелка догоняет часовую 11 раз. Но 12 часов — это 720 минут. А $66 \cdot 11 = 726$ (минут). Значит, 720 минут моих часов соответствуют 726 минутам правильно идущих часов. То есть за 12 часов мои настенные часы отстают на 6 минут. А за час — на полминуты, или 30 секунд.

ИСТОРИЯ 8

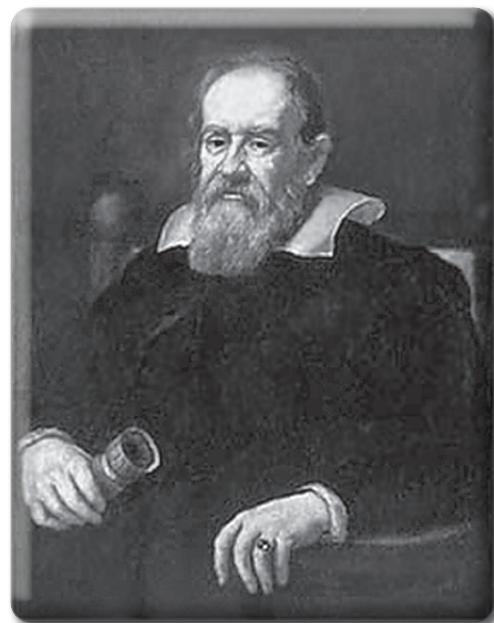
У замечательного астронома из Дании **Тихо де Браге** было двое довольно точных часов для наблюдений звёздного неба. Первые спешили на 1 минуту в сутки. Вторые на полминуты в сутки отставали. Выставив точно те и другие, Тихо сообщил, что солнечное затмение можно будет наблюдать тогда, когда впервые разность показаний часов составит ровно 1 час. Я быстро сосчитал, через сколько суток будет солнечное затмение! А Вы?

Решение

Разность показаний часов за сутки составляет полторы минуты. А должна быть разность в 1 час, или 60 минут. Значит, солнечное затмение следует ожидать через $60 : 1,5 = 40$ (суток).

ИСТОРИЯ 9

Я скакал из Флоренции на виллу Арчетри к Галилею со скоростью 9 миль/час. Очень



мне хотелось, чтобы Галилео пораньше узнал о моём визите к нему. И ровно в 2 часа я отправил в Арчетри почтового голубя с сообщением о моём приближении. Голубь доставил письмо Галилею и вернулся ко мне в 2 часа 45 минут. В какое время голубь доставил письмо, если его скорость 15 миль/час?

Решение

На пути в Арчетри голубь улетает вперёд по сравнению со мной на $15 - 9 = 6$ (миль/час).

ЗРОБИМО УРОК ЦІКАВІШИМ

На обратном пути он возвращается со скоростью $15+9=24$ (мили/час), так как мы мчимся навстречу друг другу. Значит, скорость возвращения голубя в 4 раза больше. Тогда времени на обратный путь тратится в 4 раза меньше. Получается: $4t+t=45$ (миль), откуда $t=9$ минут. Значит, голубь прилетел к Галилею в 2 часа 36 минут.

ИСТОРИЯ 10



Галилей поведал мне, что к идее маятниковых часов он пришёл в один из недавних дней вскоре после полуночи, когда часовая и минутная стрелки его настенных часов впервые оказались на равном расстоянии от числа XII. Когда точно Галилея осенила гениальная идея?

Решение

Пусть часовая стрелка отошла от числа XII на некоторую часть полного оборота — обозначим её через x . Минутная стрелка за это же время прошла путь $12x$, и до полного оборота ей осталось $1-12x$. Тогда $1-12x=x$ — согласно тому, что сообщил Галилей. Откуда $x=\frac{1}{13}$ часть полного оборота.

Минутная стрелка прошла $12x$ или $\frac{12}{13}$ полного оборота. Это $\frac{12}{13} \cdot 60 = 55\frac{5}{13}$ минут. Итак, Галилео Галилей совершил открытие в $55\frac{5}{13}$ минут первого часа ночи!..

ИСТОРИЯ 11



Чтобы мы с **Христианом Гюйгенсом** встретились неподалеку от Гааги, каждому из нас пришлось проскакать по 16 миль. Я весь путь скакал с постоянной скоростью 8 миль/час. А Гюйгенс первую половину пути скакал быстрее меня на 2 мили/час (как мы потом выяснили), а вторую — на 2 мили/час медленнее меня (лошадь устала...). Так вот, Друзья мои, кто кого ждал и сколько минут?

Решение

Что касается меня, то я на весь путь потратил $16:8=2$ (часа). А вот какое время потратил Гюйгенс:

$$\frac{8}{10} + \frac{8}{6} = \frac{4}{5} + \frac{4}{3} = \frac{32}{15} = 2\frac{2}{15} \text{ (часа).}$$

Так как $\frac{2}{15}$ часа $= \frac{2}{15} \cdot 60 = 8$ (минут), то

я ожидал голландского учёного в течение 8 минут.



ІСТОРИЯ 12

Когда Гюйгенс попросил меня провести испытания маятниковых часов в качестве морского хронометра, я любезно согласился. Это произошло во время моего плавания из Лондона в Лиссабон. Испытанию подверглись трое часов, которые я закрепил на кардановом подвесе. Увы, все часы во время сильной качки дали сбои... Вот что вышло во время одного из наблюдений: первые часы показывают 7 часов 50 минут; вторые — 7 часов 53 минуты; трети — 8 часов 6 минут. Я знал, что какие-то из них «ошибаются» на 4 минуты, какие-то — на 7 минут, а какие-то — на 9 минут. И при этом смог определить правильное время! Как?

**Решение**

Я заметил, что разность показаний первых и третьих часов равна 16 минутам. Это возможно, если одни из них отличаются от правильного времени на 9 минут, а другие — на 7 минут, причём в разные стороны. Тогда правильное время: или 7 часов 57 минут ($7.50+7$) или 7 часов 59 минут ($7.50+9$). Но 7 часов 59 минут не годится, так как в та-

ком случае вторые часы отстают на 6 минут. А 7 часов 57 минут подходит ($7.53+4=7.57$). Вот как: точное время 7 часов 57 минут!..

ІСТОРИЯ 13

Во время моего пребывания в Ганновере **Готфрид Вільгельм Лейбніц**, в своё время учившийся у Гюйгенса и говоривший о мире как о «часовом механизме Вселенной», высыпал за мной экипаж. Экипаж забирал меня у гостиницы в 8 вечера и отвозил в дом Лейбница, где мы философски беседовали о Времени. Однажды я вышел из гостиницы в 7 часов вечера и пошёл навстречу экипажу. Встретил его и приехал к Лейбничу на 20 минут раньше, чем обычно. В котором часу я встретил экипаж? Во сколько раз он движется быстрее меня?

Решение

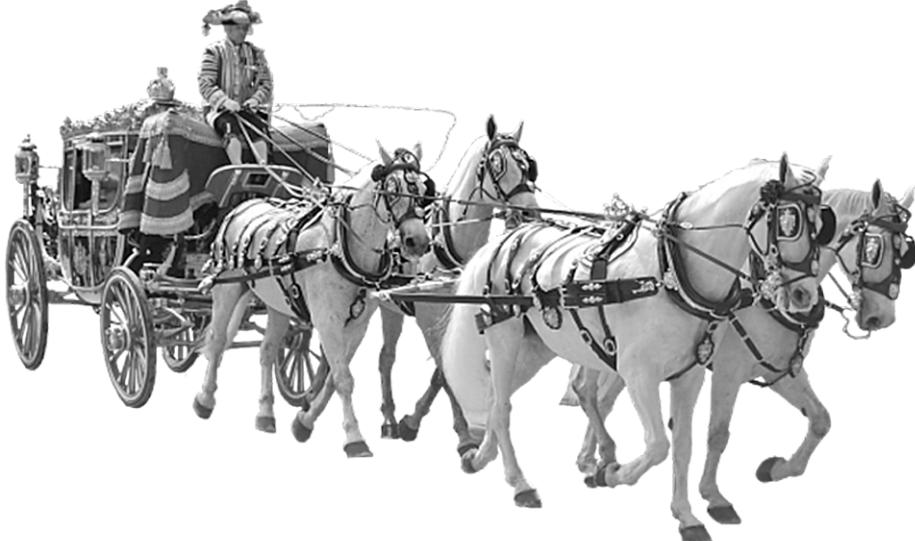
Пусть x — мой путь до встречи с экипажем. Экипаж «сэкономил» 20 минут, так как не проходил путь $2x$ (мой путь до встречи — дважды). Тогда путь x экипаж преодолевает за 10 минут, и мы встретились в 7 часов 50 минут. При этом я был 50 минут в пути, то есть я иду в 5 раз медленнее, чем движется экипаж ($50:10=5$).

ІСТОРИЯ 14

Когда я долго шёл пешком по улице Холборн в Лондоне, то, глядя на свои карманные маятниковые часы, заметил: каждые 7 минут меня обгоняет экипаж с пассажирами, и каждые 5 минут проносится встречный экипаж.

ЗРОБИМО УРОК ЦІКАВІШИМ

«Интересно, через какое время экипажи выходят из конечного пункта?» — подумал я, будучи хорошо знаком с английской пунктуальностью.



Решение

Пусть s — расстояние между двумя соседними экипажами, v_e — скорость экипажа и v_m — скорость Мюнхгаузена. Тогда, сосчитал я,

$$\frac{s}{v_e - v_m} = 7, \quad \text{а} \quad \frac{s}{v_e + v_m} = 5,$$

или $7v_e - 7v_m = s$ и $5v_e + 5v_m = s$,

или $35v_e - 35v_m = 5s$ и $35v_e + 35v_m = 7s$.

После сложения левых и правых частей последних двух равенств я получил:

$$70v_e = 12s, \quad \text{или} \quad \frac{s}{v_e} = \frac{70}{12} = \frac{35}{6} = 5\frac{5}{6} \quad (\text{минут}).$$

Но ведь это и есть время, которое я решил отыскать! Экипажи выходят из конечного пункта через каждые 5 минут 50 секунд.

ІСТОРИЯ 15

Поскольку маятниковые часы шли уже довольно точно, я задался вопросом: вот проходит один оборот часовой стрелки, то есть 12 часов. Сколько раз за это время часовая и минутная стрелки будут занимать положение, при котором их можно поменять местами?

ми, и при этом они всё равно будут в правильном положении? То есть в таком положении, которое достигается при нормальном ходе часов?

Решение

Я принял полный оборот за 1. Часть полного оборота, пройденного часовой стрелкой — за x , а минутной — за y (в долях оборота). Тогда

$$y = 12x - n,$$

где $0 \leq x \leq 1$; $0 \leq y \leq 1$ и $0 \leq n < 12$.

Раз стрелки можно поменять местами, то выполняется равенство:

$$x = 12y - m,$$

где $0 \leq m < 12$.

Значит,

$$x = 12 \cdot (12x - n) - m, \quad x = 144x - 12n - m,$$

откуда

$$x = \frac{12n + m}{143}.$$

Так как $0 \leq n < 12$ и $0 \leq m < 12$, то x может принимать $12 \times 12 = 144$ различных значений. Но следует выбросить те 12 значений, при

которых $x = y$. Получается, что за 12 часов таких положений будет 132. Вот!..

А сейчас, Друзья мои, как всегда — несколько историй для тренировки активной мыслительной деятельности...

ІСТОРИЯ 16

Башенные часы в Бреславле бьют очень медленно — 6 раз в течение 30 секунд. За сколько секунд они пробьют 12 раз?

ІСТОРИЯ 17

В 12 часов я, подтянув гири, установил свои настенные часы верно. Они пошли, отставая за час на 1 минуту. Когда на них было 13 часов, они вдруг «передумали» и стали спешить на 1 минуту в час. Сейчас на них ровно 14 часов. А какое время сейчас на самом деле?



ІСТОРИЯ 18

— Который у нас час? — спросил я своего слугу Томаса.

— Господин барон, точно не скажу, но я сосчитал, что сию секунду часы пробили

35-й раз за эти сутки, после чего бой прекратился.

— Ладно, Томас, сейчас я точно скажу, который час!..

Который?

ІСТОРИЯ 19

Первое зубчатое колесо часов сцеплено со вторым, второе — с третьим и так далее. Последнее, n -е колесо, сцеплено с первым. При каких значениях n часы будут работать?



ІСТОРИЯ 20

Однажды я изумил и превзошёл сам себя! Мне удалось соединить 101 шестерёнку (каждую — с двумя соседними) так, что часы отлично работали!

Как мне это удалось?

ІСТОРИЯ 21

Одни знаменитые башенные часы решили стать безбашенными и дико заспешили! Как думаете, на сколько часов они уходят вперёд за сутки, если в течение суток они показывают верное время n раз?

ІСТОРИЯ 22

Сразу после наступления Нового года одни башенные часы стали спешить на 8 минут в сутки, а другие — отставать на 4 минуты в сутки.

ЗРОБИМО УРОК ЦІКАВІШИМ

«Любопытно, — подумал я, — случится ли в наступившем году момент, когда те и другие покажут одновременно 12 часов дня?»

ІСТОРИЯ 23



Мы с **Джироламо Кардано** знали, что показания наших карманных часов совпадают. И вот мы поскакали навстречу друг другу из пунктов *A* и *B*. Я помчался из *A* в 8 часов 38 минут утра, а Джироламо из *B* — несколько позже, в 10 часов 8 минут утра. Ваш покорный слуга может прискакать в *B* в 13 часов 8 минут. А Джироламо может при-

быть в *A* в 13 часов 44 минуты. Сосчитайтесь, в какое время мы встретились?

ІСТОРИЯ 24

Наша первая встреча с Галилеем состоялась во Флоренции, под башенными часами. В котором часу мы встретились, если я заметил, что часовая и минутная стрелки башенных часов находятся на равных расстояниях (и по разные стороны) от числа VI?

ІСТОРИЯ 25

Гюйгенс утверждает, что в Голландии экипажи ходят с большей частотой, чем в самой Англии. Чтобы убедиться в этом, я пошёл по главной улице Гааги. Вот что показал мой хронометр: каждые 3 минуты идёт встречный экипаж. А каждые 6 минут экипаж обгоняет меня. Через какой промежуток времени экипажи в Гааге выходят из конечного пункта?

ОТВЕТЫ

Істория 16. 66 секунд.

Істория 17. 14 часов и $\frac{1}{59}$ минуты.

Істория 18. 7 часов утра.

Істория 19. При чётных значениях *n*, чтобы первое и последнее колёса вращались в противоположные стороны.

Істория 20. Я выложил шестерёнки вдоль листа Мёбиуса — так, чтобы при переходе от одной плоскости шестерёнок к другой происходил поворот на небольшой угол, а суммарный угол поворота был бы равен 180 градусов!..

Істория 21. Они спешат на $12n$ часов в сутки.

Істория 22. Случится. Через 360 суток.

Істория 23. 11 часов 28 минут.

Істория 24. В 1 час 50 и $\frac{10}{13}$ минуты.

Істория 25. Через 4 минуты.



Рис. к Істории 24