Or/18-X-2006

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

Под редакцией О. Я. Савченко

Издательство «Наука»
Москва

Por sanción

Problemas de FISICA

Dirigido por O. Ya. Sávchenko

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

Editorial Mir Moscú

530
[illegible]

Autores: Vorobiev I. I., Zubkov P. I., Kutúzova G. A., Sávchenko O. Ya., Trubachov A. M., Jaritónov V. G.

Traducido del ruso por Consuelo Fernández Álvarez, licenciada en Ciencias Físicas

Impreso en la URSS

На испанском языке

ISBN 5-03-000681-8

ÍNDICE

PREFACIO

Los autores de este libro, colaboradores científicos de la Sección Siberiana de la Academia de Ciencias de la URSS y profesores de la primera escuela en el país, especializada en matemáticas y física, adjunta a la Universidad de Novosibirsk, intentaron crear no simplemente un compendio de problemas, sino un manual con el fin de solidificar los vínculos de la enseñanza escolar con la ciencia moderna.

El libro contiene más de dos mil problemas de diversa complejidad: desde los corrientes escolares hasta los propuestos en las olimpiadas, que requieren cierta perspicacia e imaginación original. A diferencia de los compendios análogos, editados en los últimos años, en el que presentamos (a rara excepción) no se exponen las soluciones de los problemas, se dan solamente las respuestas. Semejante forma es más natural para el estudio activo y creador de la física, pues el camino a la respuesta no es otra cosa que una búsqueda científica individual y atrayente. Ese proceso creador no debe sustituirse por el examen de las recetas de la solución de los problemas.

Casi todos los problemas que figuran en el libro fueron tomados de los compendios de problemas de física, pertenecientes a estos mismos autores, y editados en la Universidad de Novosibirsk para los alumnos de la escuela físico-matemática. Por esta razón, una atención peculiar se presta a los temas que son importantes para la instrucción exitosa en los centros de enseñanza superior. Así, por ejemplo, se amplió de modo notorio la parte de problemas concernientes a las oscilaciones y ondas, a la física molecular, al movimiento de las partículas cargadas y a las ondas electromagnéticas. Es la primera prueba de recopilar un manual de semejante tipo, por eso fue necesario crear de modo especial muchos problemas para uno u otro tema. Nos prestaron gran ayuda los colaboradores de los institutos de la Sección Siberiana de la Academia de Ciencias de la URSS. Por ejemplo, los colaboradores del Instituto de Hidrodinámica elaboraron el tema: salida de chorros complejos (§§ 4.3 y 4.4)

y propusieron la mayoría de los problemas, relacionados con el principio de conservación del flujo magnético (§ 11.5). Los colaboradores del Instituto de Física Nuclear compusieron muchos problemas sobre el movimiento de las partículas cargadas en los campos eléctrico y magnético. Además, el libro posee multitud de problemas propuestos en las olimpiadas de Siberia y en los exámenes de ingreso a la Universidad de Novosibirsk. También fueron incluidos varios problemas que pertenecen por tradición al curso de la física general en los centros de enseñanza superior, no obstante, el carácter de las enunciaciones y el orden de su seguimiento permiten hallar su solución dentro de los márgenes del curso escolar. Una serie de problemas bien conocidos proviene de otros compendios para escolares, pero constituyen la menor parte del número total de problemas.

El libro está dividido en trece capítulos que, a su vez, se subdividen en párrafos. En cada párrafo, en la medida que eso corresponde a la lógica del desarrollo del tema, tras problemas relativamente elementales se proponen otros más difíciles y, por regla general, los más interesantes. Los problemas de mayor utilidad para el alumno son los que provocan su vivo interés, instigan a reflexionar sobre el fenómeno físico, desarrollan la capacidad de pensar independientemente, enseñan a estar preparados a un planteamiento no estereotipado del problema y a una solución original. El libro contiene muchos problemas de ese género. Esperamos que en caso de que algunos de ellos resulten muy difíciles para el alumno, éste no perderá la fe en sus fuerzas, sino que le incitarán a que estudie la física con mayor profundidad. Semejantes problemas se señalan con frecuencia con un asterisco y a veces se ofrece una solución breve de ellos. Para comprender mejor el planteamiento de muchos problemas, éstos se ilustran con figuras que en algunas ocasiones vienen agrupadas en páginas separadas.

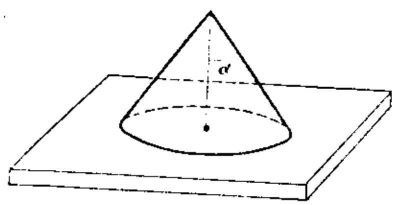
El libro está destinado a los estudiantes que asisten a los cursos preparatorios para el ingreso a los centros de enseñanza superior, a los alumnos de las escuelas y clases físico-matemáticas especializadas y a todos aquellos que quieren en el futuro estudiar la física en los centros de enseñanza superior y, posiblemente, elegirla como profesión.

O. Ya. Sávchenko

CONSTANTES FÍSICAS

Denominación	Designación	Valor
Velocidad de la luz en el vacío	c	$2{,}99\cdot10^{8}$ m/s
Constante magnética	μ_0	$4\pi\cdot10^{-7}$ H/m = $= 12{,}56\cdot10^{-7}$ H/m
Constante dieléctrica	$\varepsilon_0 = (\mu_0 c^2)^{-1}$	$8{,}85\cdot10^{-12}$ F/m
Constante de Planck	h	$6{,}62\cdot10^{-34}$ J/Hz
Masa en reposo del electrón	m_e	$9{,}10\cdot10^{-31}$ kg
del protón	m_p	$1{,}67\cdot10^{-27}$ kg
del neutrón	m_n	$1{,}67\cdot10^{-27}$ kg
Razón entre la masa del protón y la masa del electrón	m_p/m_e	1836,15
Carga elemental	e	$1{,}60\cdot10^{-19}$ C
Razón entre la carga del electrón y su masa	e/m_e	$1{,}75\cdot10^{11}$ C/kg
Momento magnético del electrón	μ_e	$9{,}28\cdot10^{-24}$ J/T
Número de Avogadro	N_A	$6{,}02\cdot10^{23}$ mol^{-1}
Unidad de masa atómica	1 uma	$1{,}66\cdot10^{-27}$ kg
Constante de Faraday	$F = N_A e$	96 484,56 C/mol
Constante de los gases	R	8,31 J/(mol·K)
Cero de la escala de Celsius	T_0	273,15 K
Presión normal	p_0	$1{,}01\cdot10^{5}$ Pa
Volumen de un mol de gas perfecto en condiciones normales	$V_m = RT_0/p_0$	$22{,}41\cdot10^{-3}$ m^3/mol
Constante de Boltzmann	$k = R/N_A$	$1{,}38\cdot10^{-23}$ J/K
Constante de Stefan — Boltzmann	σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$ W/(m^2 × × K^4)
Constante de la gravitación	G	$6{,}67\cdot10^{-11}$ N × × m^2/kg^2
Aceleración normal de la caída libre	g_n	9,80 m/s^2

b) Es necesario hacer de una sustancia explosiva una envoltura cónica de pared fina de manera que, al explotar dicha envoltura, del vértice del cono los productos de explosión choquen simultáneamente contra una chapa horizontal. ¿Qué ángulo α entre el eje del cono y su generatriz es necesario elegir?

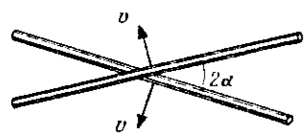


Para el problema 1.1.9b.

1.1.10*. Por una carretera recta se mueve un autobús. Usted puede correr con una velocidad dos veces menor que la del autobús. Usted vio el autobús en el punto *A*. ¿Desde qué zona en las proximidades de la carretera tendrá tiempo para tomar el autobús?

1.1.11*. Un avión supersónico vuela horizontalmente. Dos micrófonos, que están en reposo a una distancia l el uno del otro y en la misma vertical, han registrado la llegada del sonido del supersónico con un intervalo τ. La velocidad del sonido en el aire es c. ¿Qué velocidad desarrollaba el avión supersónico al sobrevolar los micrófonos?

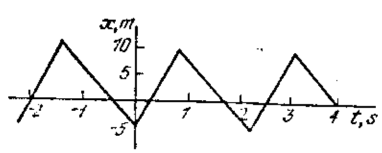
1.1.12. Dos barras se cruzan bajo el ángulo 2α y se mueven con iguales velocidades v y perpendicularmente a sí mismas. ¿Cuál será la velocidad del punto de cruce de las barras?



Para el problema 1.1.12.

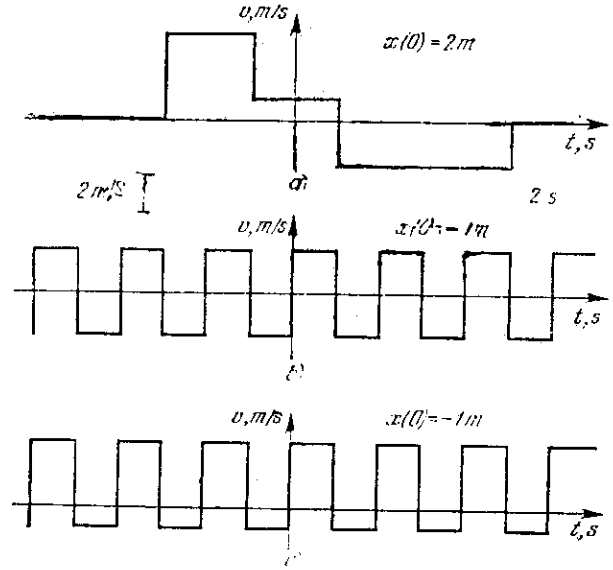
1.1.13. Haciendo uso de la gráfica que muestra la dependencia entre la coordenada y el tiempo, constrúyase la gráfica de la dependencia entre la velocidad y el tiempo.

1.1.14. Hállense, aplicando la gráfica de la dependencia entre la coordenada y el tiempo, el lugar y el momento de colisión de dos partículas que se mueven por una misma recta. La velocidad de la primera partícula es v y la de la segunda, $v/2$. La primera poseía la coordenada $x = 0$ en el momento $t = 0$, mientras que la segunda partícula en el momento de tiempo τ, la coordenada $x = a$.



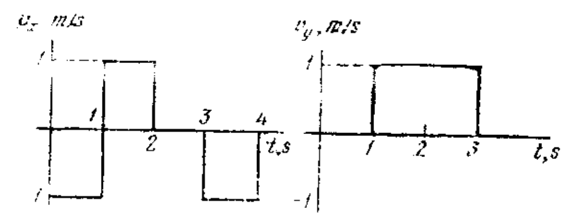
Para el problema 1.1.13.

1.1.15. Haciendo uso de la gráfica que muestra la dependencia entre la velocidad y el tiempo, constrúyase la gráfica de la dependencia de la coordenada respecto al tiempo. Hállese en los casos b) y c) la velocidad media v_m durante un tiempo grande.



Para el problema 1.1.15.

1.1.16. Una partícula se mueve por un plano. Aplicando las gráficas que muestran la dependencia de las proyecciones de la velocidad v_x y v_y con respecto al tiempo, constrúyase la trayectoria de la partícula si $x(0) = 2$ m, $y(0) = 1$ m.



Para el problema 1.1.16.

1.1.17. El movimiento de un rayo por la pantalla del oscilógrafo se prefija mediante las gráficas de la dependencia entre las coorde-

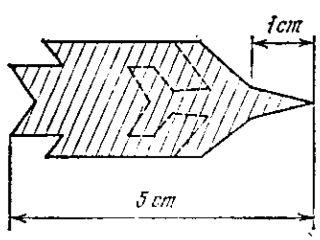
PROBLEMAS

Capítulo 1

CINEMÁTICA

§ 1.1. Movimiento a velocidad constante

1.1.1. En la figura se da una «fotografía borrosa» de un avión reactor en vuelo. La longitud del avión es de 30 m y la de la sección de nariz, de 10 m. Haciendo uso de esta «fotografía», determínese la velocidad del avión. El tiempo de exposición del obturador es de 0,1 s. La línea de trazos muestra en la figura la forma del avión.



Para el problema 1.1.1.

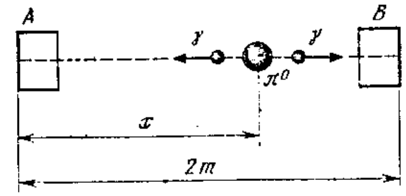
1.1.2. El radar determina las coordenadas de un avión, midiendo el ángulo α entre la dirección hacia el Polo Norte y la dirección hacia el avión, asimismo la distancia R desde el radar hasta el avión. Cuando el operador del radar detectó el avión, su posición se determinaba mediante las coordenadas $\alpha_1 = 44°$, $R_1 = 100$ km. Al cabo de 5 s el operador midió de nuevo sus coordenadas. Resultó que $\alpha_2 = 46°$, $R_2 = 100$ km. Represéntese la posición del avión en los dos momentos de tiempo, determínense el módulo y la dirección de su velocidad en el sistema cartesiano de coordenadas con el eje y dirigido hacia el norte y con el radar en el origen de coordenadas. El ángulo cuéntese en sentido de las agujas del reloj.

1.1.3. Por una ventana abierta a la habitación entra volando un escarabajo. La distancia entre el escarabajo y el techo cambia con una velocidad de 1 m/s, entre aquél y la pared de fondo, 2 m/s y entre el mismo y la pared lateral, 2 m/s. Al cabo de 1 s el escarabajo chocó con el rincón entre el techo y la pared lateral de la habitación. Determínense la velocidad de vuelo de escarabajo y el lugar en la ventana por el que éste penetró a la habitación. La altura de la habitación es de 2,5 m, la anchura, 4 m y la longitud, 4 m.

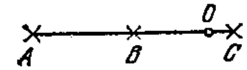
1.1.4. Los contadores A y B (que registran el momento de la llegada del rayo gamma) distan 2 m. Entre ellos tuvo lugar la desintegración de la partícula mesón π^0 en dos rayos gamma. ¿En qué lugar sucedió la desintegración si el contador A registró el rayo

gamma 10^{-9} s más tarde que el contador B? La velocidad de la luz adóptese igual a $3 \cdot 10^8$ m/s.

1.1.5*. Tres micrófonos, situados en una recta en los puntos A, B y C, registraron en los momentos de tiempo $t_A > t_B > t_C$ el



Para el problema 1.1.4.

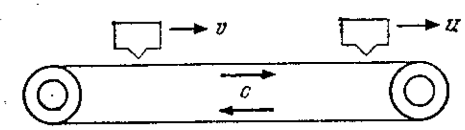


Para el problema 1.1.5*

sonido de cierta explosión que ocurrió en el punto O, yacente en el segmento AC. Hállese la distancia AO, si $AB = BC = L$. El momento de la puesta en marcha del reloj no corresponde al momento de la explosión.

1.1.6. Unos deportistas corren formando una columna de longitud l con la misma velocidad v. Al encuentro de la columna corre el entrenador a la velocidad u ($u < v$). Cada uno de los deportistas, al encontrarse con el entrenador, da la vuelta y corre hacia atrás con la misma velocidad v. ¿Qué longitud tendrá la columna cuando todos los deportistas den la vuelta?

1.1.7. Un submarino que va sumergiéndose uniformemente emite impulsos sonoros de duración T_0. La duración del impulso reflejado del fondo que se percibe es T. La velocidad del sonido en el agua es c. ¿Con qué velocidad v va sumergiéndose el submarino?

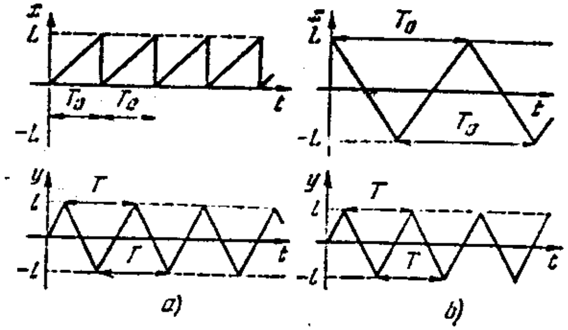


Para el problema 1.1.8.

1.1.8. La cinta del transportador se mueve a velocidad c. Sobre la cinta se encuentra un dispositivo automático que arroja n bolas por unidad de tiempo. Las bolas se pegan a la cinta. El contador con una fotocélula registra sólo las bolas que pasan exactamente debajo de él. ¿Cuántas bolas registrará el contador en la unidad de tiempo, si la velocidad del dispositivo automático es v y la del contador es u? Considérese que v y u son menores que c.

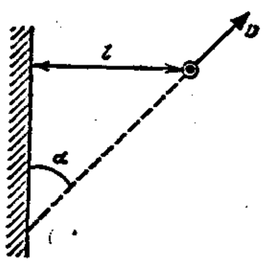
1.1.9. a) Una barra de longitud l fue hecha de cierta sustancia explosiva. La velocidad de detonación (la velocidad con que se incorporan nuevas partes de la sustancia explosiva en el proceso de explosión) es v y la velocidad con que se dispersan los productos de la explosión es u ($v > u$). ¿Cómo varía con el tiempo la zona ocupada por los productos de la explosión? Hágase un dibujo.

nadas x e y y el tiempo. ¿Qué línea describe el rayo en la pantalla para $T = T_0$, $T = T_0/3$, $T = 3T_0$? En el caso a) las líneas horizontales casi no se ven en la pantalla. ¿Por qué? ¿Para qué relación entre T y T_0 en el caso b) la línea será cerrada?



Para el problema 1.1.17.

1.1.18. Un automóvil se aleja a la velocidad v de una pared larga bajo cierto ángulo α respecto a ella. Cuando la distancia hasta la pared era l el automóvil dio una señal sonora corta. ¿Qué distancia recorrerá el automóvil hasta el momento en que el chofer oiga el eco? La velocidad del sonido en el aire es c.



Para el problema 1.1.18.

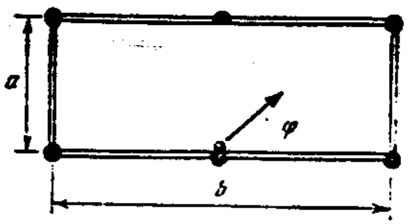
1.1.19. Al chocar elásticamente una bola contra cierta pared inmóvil lisa, el ángulo de incidencia de la bola es igual al de reflexión. ¿En qué ángulo cambiará la dirección de la velocidad de la bola después de chocar dos veces contra dos paredes, el ángulo entre las cuales es igual a α? ¿En qué dirección volará la bola si el ángulo $\alpha = \pi/2$? El movimiento tiene lugar en el plano perpendicular a las paredes.

1.1.20*. En un billar con las barandas a y b se lanza una bola desde el centro del lado b. ¿Para qué ángulos φ ella vuelve al mismo punto de la baranda del que empezó su movimiento?

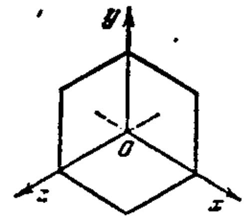
1.1.21. El reflector angular, instalado en el lunajod (vehículo lunar), consta de tres espejos mutuamente perpendiculares. Supongamos que se ha introducido el sistema de coordenadas mostrado en la figura. Si sobre el reflector incide un rayo luz, cuyo vector velocidad es $c = (c_x; c_y; c_z)$, ¿cuál será el vector velocidad del rayo después de reflejarse del espejo que se encuentra en el plano yOz? ¿Cómo será el vector velocidad después de reflejarse de los tres espejos?

1.1.22.* Un tirador tiende a dar en un disco de radio R que se mueve entre dos paredes con tanta rapidez que es difícil seguirlo

con la vista. Trácese la gráfica de la dependencia entre la probabilidad de dar en el disco y la distancia hasta el punto de puntería. Los

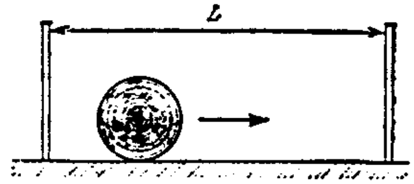


Para el problema 1.20*.



Para el problema 1.1.21.

tiros se efectúan a la altura R del suelo perpendicularmente a la dirección del movimiento del disco. ¿En qué lugar la probabilidad será la mínima y en cuál la máxima? ¿A qué son iguales esas pro-

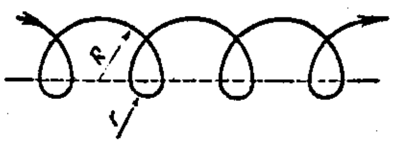


Para el problema 1.1.22*.

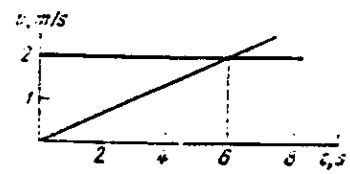
babilidades? Analícense los casos: $L > 4R$, $4R > L > 2R$ (L es la distancia entre las paredes).

§ 1.2. Movimiento a velocidad variable

1.2.1. En la figura se muestra la trayectoria de un electrón que va a la deriva a lo largo del plano de separación de las zonas con distintos campos magnéticos. Su trayectoria consta de semicircunferencias que se turnan de radios R y r. La velocidad del electrón es constante según el módulo e igual a v. Hállese la velocidad media del electrón durante un lapso grande.



Para el problema 1.2.1.

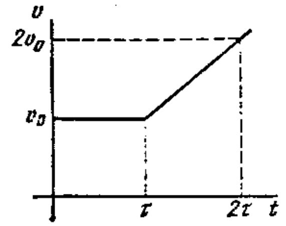


Para el problema 1.2.3.

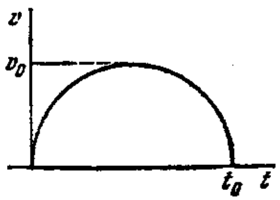
1.2.2. Trácese la gráfica de la dependencia entre la coordenada y el tiempo para un movimiento rectilíneo que satisface simultáneamente dos condiciones: a) la velocidad media durante el tiempo de 2 a 6 s es igual a 5 m/s; b) la velocidad máxima en este mismo tiempo es igual a 15 m/s.

1.2.3. En el instante $t = 0$ dos partículas salen de un mismo punto. Determínense, haciendo uso de las gráficas de la dependencia entre la velocidad y el tiempo, el lugar y tiempo del nuevo encuentro de las partículas. Las partículas se mueven por una misma recta.

1.2.4. Un cuerpo se mueve durante un tiempo τ a una velocidad constante v_0. Luego, su velocidad crece con el tiempo linealmente de manera que en el momento de tiempo 2τ es igual a $2v_0$. Determínese el camino que recorrió el cuerpo durante el tiempo $t > \tau$.



Para el problema 1.2.4.



Para el problema 1.2.5.

1.2.5. La gráfica de la dependencia entre la velocidad de un cuerpo y el tiempo tiene la forma de una semicircunferencia. La velocidad máxima del cuerpo es v_0, el tiempo de movimiento, t_0. Determínese el camino que recorre el cuerpo.

1.2.6. Un autobús se mueve durante 20 s en línea recta hasta la parada. Su velocidad inicial es de 15 m/s y la distancia que recorre es de 310 m. Demuéstrese que la aceleración del autobús varía según la dirección.

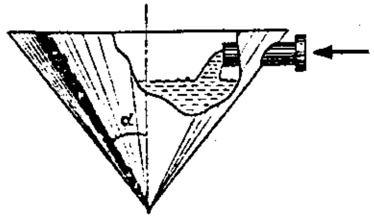
1.2.7. Un patinador recorre la distancia L a velocidad constante y luego frena con una aceleración a hasta pararse. ¿En caso de qué velocidad el tiempo del movimiento del patinador será el mínimo?

1.2.8. Los peces migratorios, después de acumular en el mar cierta reserva de grasa, se encaminan a la desembocadura de los ríos. En el agua dulce ellos no se alimentan. Por esta razón, para ellos es importante llegar hasta los campos de desove en el curso superior del río con pérdidas mínimas de masa. El gasto de grasa en mantener el intercambio principal por unidad de tiempo es N, mientras que el gasto adicional bv^2 se consume para el movimiento a la velocidad v. ¿Con qué velocidad v deben moverse los peces para que el gasto de la grasa en el camino hasta el campo de desove sea el mínimo? (Los peces conocen perfectamente esta velocidad.)

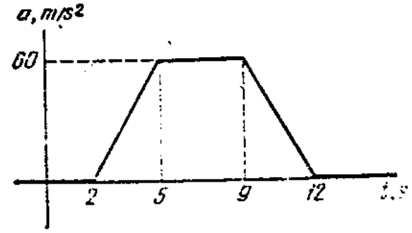
1.2.9. De un acuario esférico de radio R, que contiene agua hasta la mitad, de cada unidad de superficie se evapora por unidad de tiempo un volumen de líquido q. ¿Dentro de cuánto tiempo se evaporará todo el agua?

1.2.10*. a) En un recipiente cónico el nivel de agua se eleva con una velocidad constante v_0. ¿Cómo depende del tiempo la velocidad de entrada del agua al recipiente por un orificio de sección s? En el momento de tiempo nulo el recipiente estaba vacío.

b) Un chorro de aceite que cae sobre la superficie del agua se extiende formando una mancha circular de grosor h. ¿Cómo depende del tiempo la velocidad del movimiento de los extremos de la mancha si en unidad de tiempo ingresa el volumen de aceite q? El radio inicial de la mancha era nulo.



Para el problema 1.2.10*a.

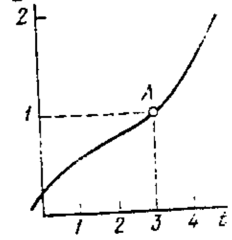


Para el problema 1.2.12.

1.2.11. Un niño está inflando un globo. Cuando el radio de éste tenía el valor de 10 cm, la velocidad con que aumentaba el radio constituía 1 mm/s. ¿Qué volumen de aire por segundo expele el niño?

1.2.12. Haciendo uso de la gráfica de la dependencia entre la aceleración y el tiempo, establézcase la velocidad en los momentos de tiempo de 4 y 15 s, si en el momento de tiempo de 1 s la velocidad era de 3 m/s.

1.2.13. La aceleración de una carretilla cohete, desde el arranque hasta su parada, los primeros 6 s era de 100 m/s², luego 7 s se movió sin aceleración y los últimos 3 s, teniendo una aceleración negativa de -200 m/s². Trácese en una escala adecuada las gráficas de dependencia entre el tiempo y la aceleración, la velocidad y la coordenada. ¿Qué valor máximo de la velocidad alcanzó la carretilla cohete? ¿En qué segmento del trayecto transcurre el frenado? ¿Que distancia total recorrió la carretilla? ¿Cómo, recurriendo a la gráfica de la dependencia entre el tiempo y la aceleración, comprobar si en efecto paró la carretilla?



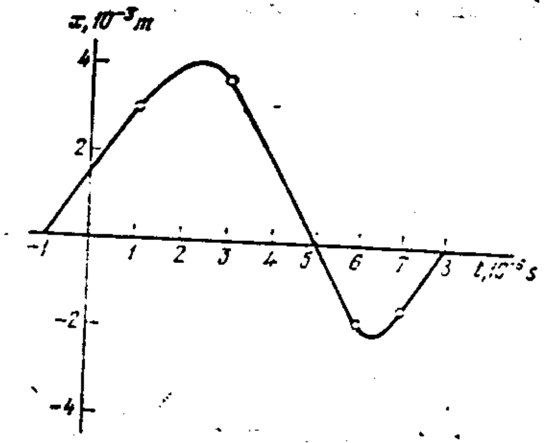
Para el problema 1.2.14.

1.2.14. Las gráficas de la dependencia entre la coordenada y el tiempo, pertenecientes a dos partículas, resultaron ser iguales, pero para la primera partícula una división del eje t corresponde a 4 s y para la segunda, a 1 s. ¿En qué relación están las velocidades y aceleraciones de las partículas para el punto A de la gráfica?

1.2.15. La parte de la gráfica de la dependencia entre la coordenada y el tiempo situada por abajo del eje t es semejante a la parte de la gráfica dispuesta por encima de dicho eje. Trácense las gráficas de la dependencia de la velocidad y aceleración respecto al tiem

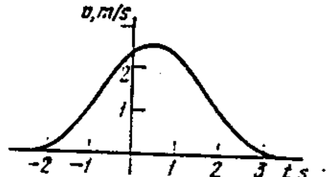
Compárense las aceleraciones para el valor máximo y mínimo de x?

1.2.16. Haciendo uso de la gráfica de la dependencia entre la velocidad y el tiempo, trácense las gráficas de la dependencia de la coordenada y aceleración respecto al tiempo, si $x(0) = 0$.



Para el problema 1.2.15.

1.2.17. La longitud de la escala del velocímetro es de 15 cm; el dispositivo mide la velocidad desde 0 hasta 150 km/h. Hállese la velocidad del indicador del velocímetro, si el automóvil se mueve con una aceleración de 2 m/s².



Para el problema 1.2.16.

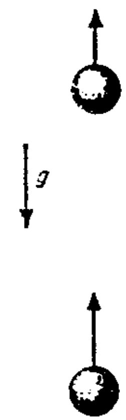
Para el problema 1.2.17.

1.2.18.*. El cuerpo comienza su movimiento desde el punto A. Primero el cuerpo se mueve durante el tiempo τ de manera uniformemente acelerado, después con la misma aceleración según el módulo, de manera uniformemente decelerado. ¿Dentro de cuánto tiempo desde el comienzo del movimiento el cuerpo regresará al punto A?

1.2.19*. El tiempo de salida de un tren eléctrico es a las 12.00. Su reloj muestra las 12 en punto, pero ante Usted ya empieza a pasar el penúltimo vagón. Éste tardó en pasar 10 s en tanto que el último vagón pasó ante Vd. en 8 s. El tren eléctrico partió a tiempo y se mueve de manera uniformemente acelerada. ¿En cuánto se atrasa su reloj?

§ 1.3. Movimiento en el campo gravitatorio[1]). Movimiento curvilíneo

1.3.1. De un mismo punto con la velocidad v se lanzan dos bolas verticalmente hacia arriba con un intervalo de tiempo τ. ¿Dentro de cuánto tiempo, después de lanzar la segunda bola, ellas chocarán?

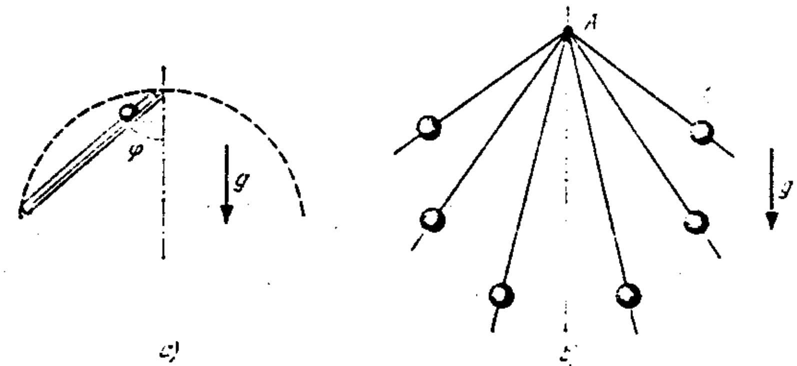


Para el problema 1.3.1.

1.3.2. a) Una bola empieza a deslizarse sin fricción desde el punto superior de una circunferencia por una canaleta, inclinada bajo un ángulo φ respecto a la vertical. ¿Dentro de cuánto tiempo la bola alcanzará la circunferencia, si su diámetro es D?

b) Del punto A por los radios inclinados de diferente manera empiezan a deslizarse uniformemente sin fricción unos pequeños abalorios. ¿En qué curva se encontrarán los abalorios en el momento de tiempo t?

1.3.3*. ¿Cómo debe estar dirigida desde el punto A una canaleta inclinada para que una bola se deslice por ella hasta el plano inclinado BB' en el transcurso del tiempo mínimo?

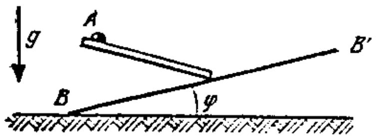


Para el problema 1.3.2.

1.3.4. Un cuerpo que cae libremente pasó el punto A con la velocidad v_A. ¿Con qué velocidad pasará junto al punto B que se encuentra más abajo del punto A distando h?

[1]) Si en la figura del problema se indica la aceleración de la caída libre g, es necesario tener en cuenta el campo gravitatorio.

1.3.5. Se lanza una piedra con velocidad v formando cierto ángulo φ con el horizonte. ¿Dentro de cuánto tiempo la velocidad formará el ángulo α con el horizonte?



Para el problema 1.3.3*.

1.3.6. De un cañón se efectúa un disparo bajo cierto ángulo φ respecto al horizonte. La velocidad inicial del proyectil es v. La superficie terrestre es horizontal.

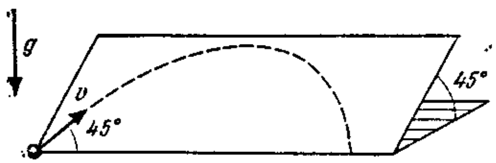
a) Hállense las proyecciones horizontal y vertical de la velocidad como funciones del tiempo.

b) Hállense las coordenadas x e y como funciones del tiempo.

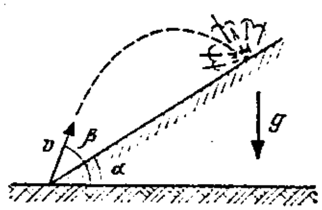
c) Hállese la ecuación de la trayectoria, es decir, la dependencia entre x e y.

d) Hállense el tiempo de vuelo T, la altura máxima H y el alcance L del proyectil.

1.3.7. Por un plano inclinado sueltan una bola con la velocidad v. ¿Qué distancia por la horizontal recorrerá la bola antes de deslizarse del plano? El plano está inclinado hacia el horizonte bajo un ángulo de 45°. El vector velocidad forma el ángulo de 45° con el extremo horizontal del plano. Despréciese la fricción.



Para el problema 1.3.7.



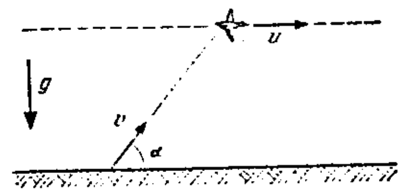
Para el problema 1.3.8.

1.3.8. Con un mortero se lleva el fuego contra los objetos situados en la pendiente de una montaña. ¿A qué distancia del mortero caerán las minas, si su velocidad inicial es v, el ángulo de la inclinación de la montaña es α y el ángulo del disparo es β con respecto al horizonte?

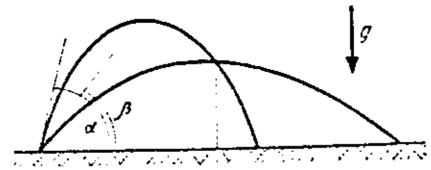
1.3.9. ¿Con qué velocidad en el momento de lanzamiento de un cohete es necesario disparar de un cañón para destruir el cohete que se lanza perpendicularmente con la aceleración a? La distancia entre el cañón y el lugar de lanzamiento del cohete es L; el cañón dispara bajo el ángulo de 45° respecto al horizonte.

1.3.10. Un pato volaba por una recta horizontal a la velocidad constante u. Un «cazador» inexperto le lanzó una piedra, con la particularidad de que el lanzamiento fue hecho sin corrección del avance, es decir, en el momento del lanzamiento la dirección de la velocidad de la piedra (el ángulo α respecto al horizonte) estaba orientada precisamente hacia el pato. El módulo de la velocidad inicial de la piedra es igual a v. ¿A qué altura volaba el pato, si la piedra, a pesar de todo, dio con él?

1.3.11. Del orificio de una manga, obturado con el dedo, brotan dos chorros de agua bajo los ángulos α y β respecto al horizonte con



Para el problema 1.3.10.



Para el problema 1.3.11.

una misma velocidad inicial v. ¿A qué distancia con respecto a la horizontal los chorros se intersecan?

1.3.12*. De una manga, yacente en la tierra, brota, formando un ángulo de 45° respecto al horizonte, agua con la velocidad inicial de 10 m/s. El área de la sección del orificio de la manga es igual a 5 cm². Determínese la masa del chorro que se encuentra en el aire.

1.3.13*. De una pieza de artillería es necesario dar en un punto con coordenadas x respecto a la horizontal e y, respecto a la vertical. La velocidad inicial del proyectil es v.

a) Hállese $\operatorname{tg}\varphi$, o sea, la tangente del ángulo, formado por la boca de fuego del cañón y el horizonte.

b) Hállese el límite de la zona donde puede caer el proyectil.

c) ¿A qué valor mínimo de la velocidad v el proyectil puede dar con el punto con coordenadas x, y?

Al resolver el problema a) hágase uso de la identidad $1/\cos^2\varphi = \operatorname{tg}^2\varphi + 1$.

1.3.14. De un mismo lugar con un intervalo de tiempo τ se lanzan dos cuerpos a una misma velocidad inicial v bajo el ángulo φ respecto al horizonte. ¿Qué movimiento describirá el primer cuerpo con relación al segundo?

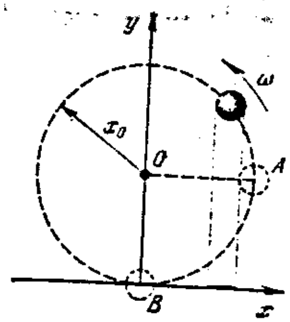
1.3.15. Una bola se lanza por la superficie interior de un cilindro vertical liso de radio R bajo un ángulo α respecto a la vertical. ¿Qué velocidad inicial es necesario comunicar a la bola para que retorne a su punto inicial?

1.3.16. Determínense la velocidad y aceleración que poseen los puntos de la superficie terrestre en el ecuador y en Leningrado debidas a la participación de la Tierra en la rotación diaria. Considérese el radio de la Tierra igual a 6400 km. La latitud de Leningrado es de 60°.

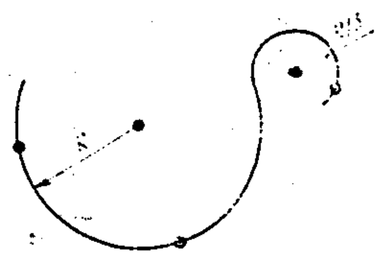
1.3.17. ¿A qué velocidad debe volar un satélite para que, cayendo todo el tiempo hacia la Tierra con una aceleración g, se mueva describiendo una circunferencia? Adóptense el radio de la Tierra $R = 6400$ km y $g = 10$ m/s².

1.3.18. Una partícula se mueve por una circunferencia de radio r de manera que el ángulo de giro del radio vector es ωt en el momento de tiempo t. Muéstrese que el vector velocidad de la partícula gira uniformemente con la velocidad angular ω y el módulo de la velocidad $v = \omega r$. Partiendo de lo anterior, hállense el módulo y la dirección de la aceleración. Escríbase la expresión para la aceleración a en forma vectorial.

1.3.19. Una bola pequeña se mueve con una velocidad angular ω alrededor del punto O describiendo cierta circunferencia de radio x_0. A lo largo del eje y la bola se ilumina con un haz paralelo de luz, por eso la coordenada x de la sombra de la bola depende del tiempo según la expresión $x_0 \cos \omega t$, si en el instante $t = 0$ la bola se hallaba en el punto A, o según la expresión $x_0 \operatorname{sen} \omega t$, si en el instante $t = 0$ la bola se encontraba en el punto B. Hállense en estos casos las dependencias de la velocidad instantánea y la aceleración de la sombra con relación al tiempo.



Para el problema 1.3.19.

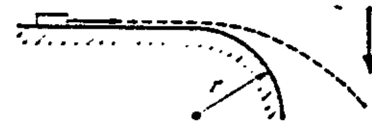

Para el problema 1.3.20.

1.3.20. Cierto cuerpo se mueve a velocidad constante v por una trayectoria que consta de dos arcos de las circunferencias con radios R y $R/3$, unidas suavemente. Constrúyanse los vectores aceleración en los puntos indicados de la trayectoria.

1.3.21. En el instante en que el módulo de la velocidad $v = 10^6$ m/s, la aceleración de la partícula $a = 10^4$ m/s^2 y está dirigida formando un ángulo de 30° respecto al vector velocidad. ¿En cuánto aumentará el módulo de la velocidad durante el tiempo $\Delta t = 10^{-2}$ s? ¿En qué ángulo cambiará la dirección de la velocidad? ¿Cuál será para dicho momento la velocidad angular de rotación del vector velocidad?

1.3.22. Un cuerpo se mueve describiendo una circunferencia de radio r a una velocidad que aumenta linealmente con el tiempo: $v = kt$. Hállese la dependencia entre el módulo de la aceleración total del cuerpo y el tiempo.

1.3.23. El extremo de una mesa horizontal está redondeado por una semicircunferencia de radio r. ¿Con qué velocidad mínima es necesario poner en marcha un cuerpo pequeño por la mesa para que éste, al alcanzar la parte redondeada, comience a describir una parábola?



Para el problema 1.3.23.

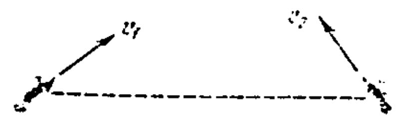
1.3.24*. El radio de un recipiente esférico que yace en la tierra es R. ¿A qué velocidad mínima en la superficie terrestre una piedra lanzada podrá sobrevolar el recipiente rozando su cúspide?

1.3.25. Un proyectil sale volando a la velocidad inicial de 600 m/s bajo un ángulo de 30°, 45°, 60° respecto al horizonte. Determínense los radios de la curvatura de las trayectorias del proyectil en los puntos más alto e inicial.

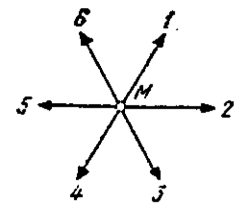
1.3.26. Para economizar sitio, la entrada a uno de los puentes más altos de Japón está hecha en forma de hélice que enrolla un cilindro de radio R. La vía forma con el plano horizontal un ángulo α. ¿Cuál es la aceleración del automóvil que se mueve a velocidad v constante en módulo?

§ 1.4. Transformación de Galileo

1.4.1. Las posiciones iniciales y los vectores velocidades para dos barcos vienen dados en la figura. Los barcos se mueven sin aceleración. ¿Cómo puede hallarse la distancia mínima entre ellos?



Para el problema 1.4.1.

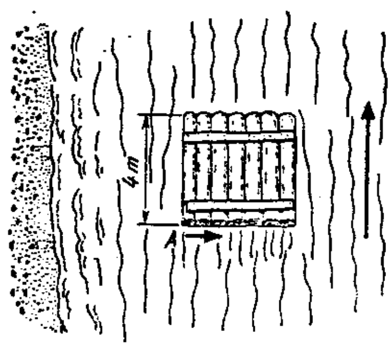


Para el problema 1.4.2.

1.4.2. La figura muestra los vectores velocidades de las seis liebres, que soltó el viejo Mazay, en el sistema de coordenadas, inmóvil respecto a Mazay. Inténtese trazar los vectores velocidades de Mazay y de las demás liebres en el sistema de coordenadas, inmóvil respecto a la liebre 1.

1.4.3. Una de las partículas de una nube de polvo (la partícula A) está en reposo, mientras que todas las demás se dispersan de ella en diferentes direcciones con velocidades, proporcionales a las distancias respecto a la partícula A. ¿Qué cuadro del movimiento verá el observador que se mueve junto con la partícula B?

1.4.4. De la esquina A de una balsa cuadrada salta un perro y nada alrededor de la balsa en la dirección, señalada por la flecha corta. Dibújese la trayectoria del movimiento del perro con respecto a la orilla si la velocidad del animal con relación al agua constituye 4/3 de la velocidad de la corriente.

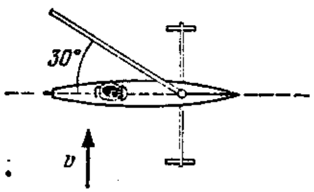


Para el problema 1.4.4.

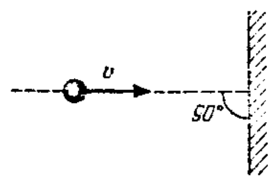
1.4.5. a) Debido a la resistencia del aire las gotas de la lluvia caen con una velocidad constante v, perpendicular a la superficie de la tierra. ¿De qué manera es necesario colocar un cubo cilíndrico, situado en una plataforma en movimiento a una velocidad u, para que las gotas no vayan a caer a la pared?

b) A la velocidad del viento de 10 m/s la gota de lluvia cae bajo un ángulo de 30° respecto a la vertical. ¿A qué velocidad del viento la gota caerá bajo el ángulo de 45°?

1.4.6. El trineo de vela puede moverse solamente por la línea que señalan los patines. El viento sopla con una velocidad v, perpendicular a su movimiento. Mientras tanto, la vela forma con la dirección del movimiento un ángulo de 30°. Determínese la velocidad máxima posible del trineo de vela.



Para el problema 1.4.6.



Para el problema 1.4.8.

1.4.7. ¿Cuál será la duración de un viaje en avión que vuela de Novosibirsk a Moscú y de Moscú a Novosibirsk, si aquél transcurre por una recta y durante todo el vuelo el viento sopla bajo el ángulo α respecto a la ruta con una velocidad u? La velocidad del avión con relación al aire es v y la longitud de la ruta es L. ¿En caso de qué dirección del viento la duración del vuelo será la máxima?

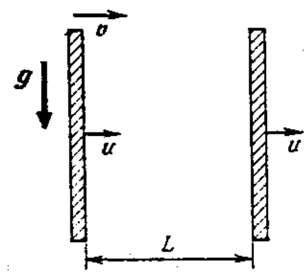
1.4.8. Al chocar elásticamente un cuerpo contra cierta pared inmóvil, la velocidad v cambia sólo de dirección. Determínese en qué valor cambiará la velocidad de este cuerpo después de la colisión si la pared se mueve: a) a una velocidad u al encuentro del cuerpo; b) a una velocidad $w < v$ en dirección del movimiento del cuerpo.

1.4.9. Cierto cuerpo choca contra una pared con la velocidad v, formando un ángulo α respecto a su normal. Determínese el módulo de la velocidad del cuerpo después de chocar elásticamente contra la pared si: a) la pared es inmóvil; b) se mueve a una velocidad u por su normal al encuentro del cuerpo; c) se mueve a la velocidad u, bajo cierto ángulo β respecto a su normal, al encuentro del cuerpo.

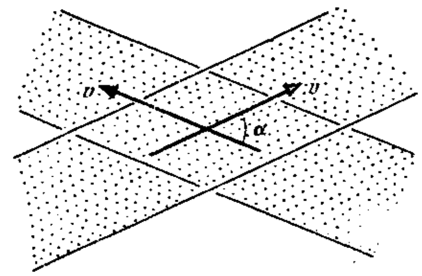
1.4.10. Dentro de una esfera de radio R, que se mueve a una velocidad u, se encuentra una bola de radio r que en el momento de pasar el centro de la esfera poseía la velocidad v (u es perpendicular a v). La masa de la esfera es mucho mayor que la masa de la bola. Determínese con qué frecuencia la bola choca contra la pared de la esfera si la colisión se considera absolutamente elástica.

1.4.11. Cierto cuerpo se deja caer en el campo de gravedad a la altura h respecto de una plancha que se mueve verticalmente hacia arriba con la velocidad u. Determínese el tiempo entre las colisiones sucesivas del cuerpo contra la plancha. Las colisiones son absolutamente elásticas.

1.4.12. Un cuerpo irrumpe horizontalmente a la velocidad v en cierto espacio entre dos planos verticales que se mueven a una velocidad u. Determínese la velocidad del cuerpo después de la n-ésima colisión contra la pared delantera. La distancia entre las paredes es L. Las colisiones son absolutamente elásticas.



Para el problema 1.4.12.



Para el problema 1.4.10.

1.4.13. Un engranaje de radio R se coloca entre dos cremalleras paralelas. Éstas se mueven con velocidades v_1 y v_2 una al encuentro de la otra. ¿Cuántas revoluciones por unidad de tiempo realizará el engranaje?

1.4.14. Un núcleo, que vuela con la velocidad v, se divide en dos fragmentos iguales. Determínese el ángulo máximo posible α entre el vector velocidad de uno de los fragmentos y el vector v si, al desintegrarse el núcleo en reposo, los fragmentos poseían la velocidad $u < v$.

1.4.15*. Existe un haz de núcleos idénticos que se mueven paralelamente con la velocidad v. Los núcleos en el haz se desintegran espontáneamente en dos fragmentos iguales. La velocidad de l fragmentos que se mueven en dirección del haz es igual a $3v$. Hállese la velocidad de los fragmentos que se mueven en dirección, perpendicular al haz. Búsquese la dependencia entre el módulo de la velocidad de los fragmentos y el ángulo entre la dirección del movimiento de los fragmentos y la de la velocidad de los núcleos.

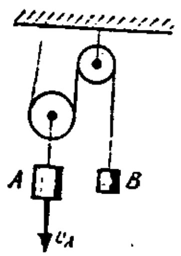
1.4.16. Dos haces de partículas que se mueven con una misma velocidad v, en módulo, se intersecan bajo el ángulo α. Las colisiones transcurren en una zona limitada. Pasemos al sistema de referencia donde las velocidades de las partículas son iguales según el módulo, pero de sentido contrario. Aparientemente parece que ahora la zona de intersección es todo el volumen de los haces y por eso la cantidad de colisiones por unidad de tiempo debería ser mayor. Explíquese la contradicción obtenida.

1.4.17. Llueve «verticalmente». La velocidad de las gotas es u. Una pelota se desliza por el asfalto a la velocidad v. ¿En cuántas veces caerán más gotas por segundo sobre esta pelota que en una inmóvil? ¿Cambiará la respuesta si la pelota no es redonda?

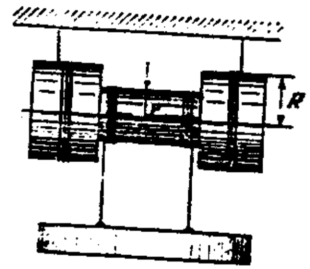
1.4.18*. Un chico, que puede nadar a una velocidad dos veces inferior a la velocidad de la corriente del río, quiere atravesarlo a nado de manera que la corriente se lo lleve abajo lo menor posible. ¿Bajo qué ángulo con respecto a la orilla deberá nadar el chico? ¿A qué distancia se lo llevará abajo la corriente si la anchura del río es de 200 m?

§ 1.5. Movimiento con enlaces

1.5.1. La velocidad de la carga A es igual a v_A. ¿Qué velocidad tendrá la carga B?



Para el problema 1.5.1.

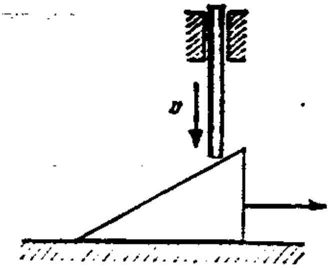


Para el problema 1.5.2.

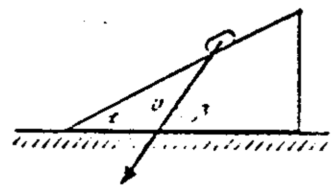
1.5.2. La velocidad angular de la bobina es ω, el radio del cilindro interior es r y de los exteriores, R. ¿Cuáles son las velocidades del eje de la bobina y de la carga con relación a la tierra?

1.5.3. Una cuña forma con el soporte horizontal un ángulo de 30°. Una barra vertical que baja a la velocidad v la «empuja». ¿Qué velocidad desarrollará la cuña?

1.5.4. En una cuña con un ángulo α yace cierta moneda. ¿Con qué aceleración mínima debe moverse la cuña por un plano horizontal para que la moneda caiga libremente hacia abajo?



Para el problema 1.5.3.

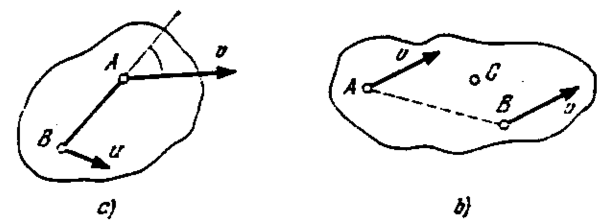


Para el problema 1.5.5.

1.5.5. El vector velocidad de cierto cuerpo, que se desliza por una cuña, se muestra en la figura. Hállese, por vía gráfica, la velocidad de la cuña.

1.5.6. Un cuerpo plano gira alrededor del eje, perpendicular a su plano. Las coordenadas de la posición inicial de los puntos A y B de dicho cuerpo son (— 1; 2) y (3; 1), mientras que de la final, (—3; 1) y (— 2; — 3). Hállense las coordenadas del eje de rotación por vía gráfica.

1.5.7. a) La velocidad del punto A de un sólido es, según el módulo, igual a v y forma con la dirección de la recta AB un ángulo



Para el problema 1.5.7.

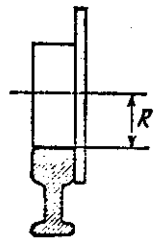
de 45°. La velocidad del punto B de este cuerpo es, según el módulo, igual a u. Determínese la proyección de la velocidad del punto B sobre la dirección de AB.

b) Las velocidades de los puntos A y B de un sólido son iguales a v. El módulo de la velocidad del punto C que se encuentra en el plano de la recta AB y del vector v, es u. Hállese la proyección de la velocidad del punto C sobre el eje, perpendicular al plano indicado.

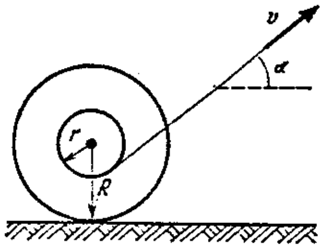
1.5.8. a) Constrúyanse las trayectorias de los puntos de una rueda que se mueve sin deslizamiento por un riel. Examínense los casos cuando los puntos distan del eje de la rueda: $\rho > R$, $\rho = R$ y $\rho < R$.

b) Hállense las aceleraciones de estos puntos. El eje de la rueda se mueve a velocidad constante v.

c) Para un punto que dista $\rho \neq R$ respecto al eje de la rueda, búsquense los radios de la curvatura de la trayectoria en las posiciones superior e inferior.



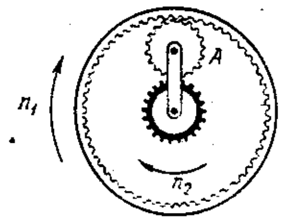
Para el problema 1.5.8.



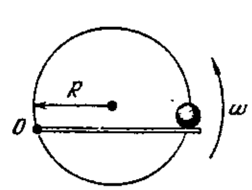
Para el problema 1.5.9*.

1.5.9*. Una bobina rueda por un plano horizontal sin deslizamiento. Del hilo se tira bajo un ángulo α hacia el horizonte con una velocidad v. Hállense la velocidad del eje y la velocidad angular de rotación de la bobina. ¿Para qué ángulos α el eje se mueve hacia la derecha y para cuáles hacia la izquierda? El hilo es tan largo que α no cambia durante el movimiento.

1.5.10. La figura muestra cierta transmisión de engranajes de movimiento planetario. ¿Qué cantidad de revoluciones alrededor de



Para el problema 1.5.10.



Para el problema 1.5.13.

su eje efectuará el engranaje A si la rueda dentada realiza n_1 revoluciones y el engranaje central, n_2 revoluciones? El radio interior de la rueda dentada es R y del engranaje central, r.

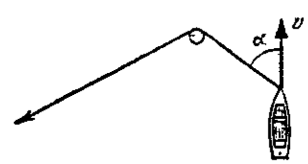
1.5.11. Una rueda de radio r se mueve sin deslizamiento por la superficie interna de un cilindro fijo de radio $2r$. Hállese la trayectoria del punto de la llanta de la rueda.

1.5.12. a) La Luna presenta siempre la misma cara a la Tierra. ¿Cuántas revoluciones realizará la Luna alrededor de su eje durante una revolución completa en torno a la Tierra?

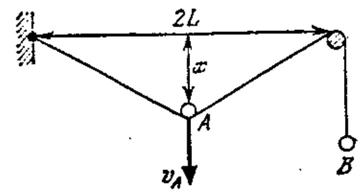
b) ¿En cuánto, en término medio, los días sidéreos son más cortos que los solares? La Tierra da la vuelta al Sol en el transcurso de 365,25 días solares.

1.5.13. Un abalorio puede moverse por cierta circunferencia de radio R, empujado por una aguja que gira de forma uniforme a la velocidad angular ω. El eje de rotación de la aguja pasa por el punto O de la circunferencia. ¿Cuál será la aceleración del abalorio?

1.5.14. Una cuerda, que está amarrada a una lancha, se echa sobre un poste. La lancha se mueve a la velocidad v que forma en cierto momento de tiempo un ángulo α con la cuerda. ¿Con qué velocidad es necesario tirar en este instante del cabo libre de la cuerda para que ésta no se pandee?



Para el problema 1.5.14.

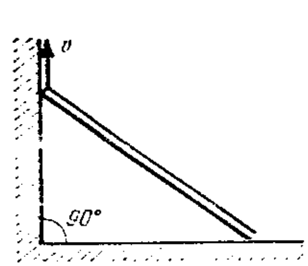


Para el problema 1.5.16.

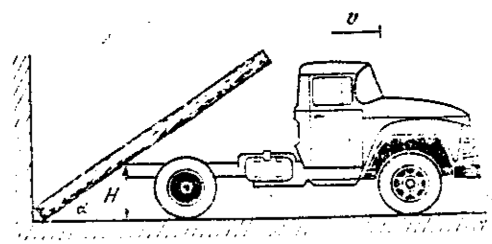
1.5.15. Cuatro tortugas se encuentran en los vértices de un cuadrado con lado a. Ellas comienzan a moverse simultáneamente con una velocidad v, constante en módulo, cada una en dirección a su vecina en sentido de las agujas del reloj. ¿Dónde tendrá lugar el encuentro de las tortugas y al cabo de cuánto tiempo?

1.5.16. Constrúyase la gráfica aproximada de la dependencia entre la velocidad del punto B y el tiempo, si la velocidad v_A del punto A es constante. Hállese la fórmula de esta dependencia si $x(0) = 0$.

1.5.17. Una barra se apoya con sus extremos sobre los lados de un ángulo recto. Su extremo superior va elevándose a la veloci-



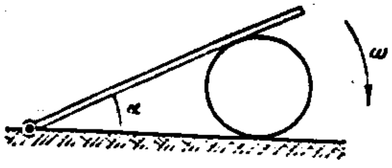
Para el problema 1.5.17.



Para el problema 1.5.18.

dad v. Hállese cómo depende la velocidad del segundo extremo con respecto al tiempo. Tómese el instante en que el extremo superior se encuentra en el vértice del ángulo como punto de referencia. La longitud de la barra es L.

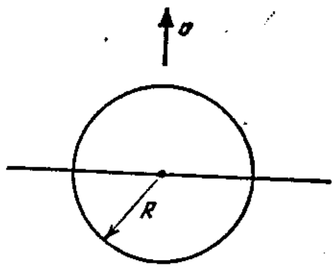
1.5.18. Un tronco se apoya con su extremo inferior sobre la esquina formada por la pared y la tierra y contacta con el fondo del camión a la altura H de la tierra. Búsquese la velocidad angular del tronco en función del ángulo α con la horizontal, si el camión comienza a alejarse a la velocidad v.



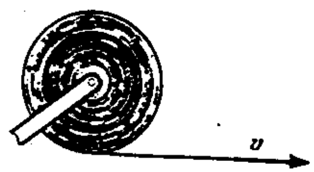
Para el problema 1.5.19.

1.5.19. La varilla gira a la velocidad angular ω. No hay deslizamiento entre el cilindro y el plano horizontal. Hállese la velocidad angular del cilindro en dependencia del ángulo α.

1.5.20. Una circunferencia se mueve a la velocidad constante v perpendicularmente a una recta inmóvil. En el instante inicial el centro de la circunferencia yacía en esta recta. Hállese la dependencia entre el tiempo y la velocidad con que se trasladan los puntos de intersección de la circunferencia y la recta.



Para el problema 1.5.20.



Para el problema 1.5.21.

1.5.21. Un rollo de papel se desenrolla de manera que la velocidad del cabo de la cinta de papel es constante e igual a v. En el instante inicial el radio del rollo era R. ¿Qué velocidad angular tendrá el rollo al cabo del tiempo t? El grosor del papel es h.

Capítulo 2

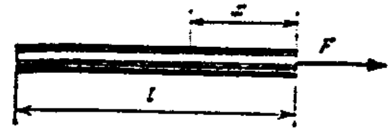
DINÁMICA

§ 2.1. Leyes de Newton

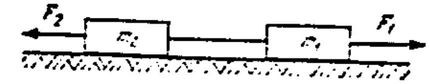
2.1.1. De informaciones fehacientes, una vez el barón Münchhausen al atollarse en un pantano, se sacó a sí mismo de éste por los pelos. ¿Qué leyes de la física supo infringir el barón?

2.1.2. ¿Qué fuerza actúa en la sección de una barra homogénea de longitud l a la distancia x del extremo al que se aplica una fuerza F, dirigida a lo largo de la barra?

2.1.3. Dos cuerpos de masas m_1 y m_2 están atados por un hilo que puede soportar la tensión T. A los cuerpos se les aplican las fuerzas $F_1 = \alpha t$ y $F_2 = 2\alpha t$ (α es un coeficiente constante y t, el tiempo). Determínese en qué momento de tiempo el hilo se romperá.



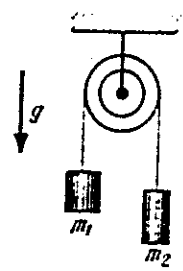
Para el problema 2.1.2.



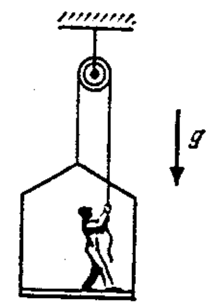
Para el problema 2.1.3.

2.1.4. Hállense las aceleraciones de las cargas y las tensiones de los hilos en el sistema mostrado en la figura. La polea y los hilos son imponderables. Despréciese la fricción.

2.1.5. Un pintor de brocha gorda con masa de 72 kg trabaja en un sillón colgante. Necesita urgentemente elevarse. Con este fin



Para el problema 2.1.4.



Para el problema 2.1.5.

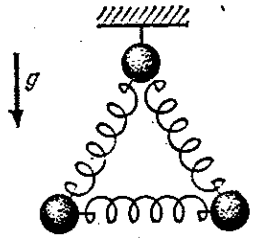
comienza a tirar de la cuerda con una fuerza que su presión sobre el sillón disminuye hasta 400 N. La masa del sillón es de 12 kg. Considérese la aceleración de la caída libre igual a 10 m/s². ¿Qué aceleración tendrán el pintor y el sillón? ¿Cuál será la fuerza total que actuará sobre la polea?

2.1.6. Un cohete que despega verticalmente desarrolla un empuje F en el transcurso del tiempo τ, luego el motor se desconecta. Determínese dentro de cuánto tiempo después del despegue el cohete regresará a la Tierra. La masa del cohete es m. Menospréciense la variación de la masa, la resistencia del aire y el cambio de la aceleración de la caída libre.

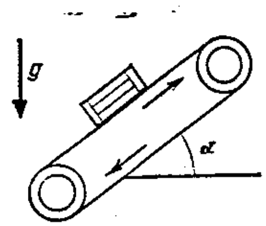
2.1.7*. Un avión reactor de masa m, que desarrolla un empuje F, se desplaza desde el lugar de despegue por una recta, dirigida bajo el ángulo α hacia el horizonte. ¿A qué distancia del lugar de despegue se encontrará el avión dentro del tiempo τ después del despegue? Menospréciense la variación de la masa del avión y la resistencia del aire.

2.1.8. Tres bolas iguales están unidas por muelles imponderables idénticos y suspendidas en un hilo. El hilo se quema. Hállense las aceleraciones de las bolas en el momento en que se quema el hilo.

2.1.9. Trácese la gráfica de la fuerza de fricción, que actúa sobre un cuerpo por parte del plano horizontal, en dependencia de la fuerza horizontal, aplicada al cuerpo, si éste empieza a moverse cuando la fuerza horizontal se hace mayor que F_0.



Para el problema 2.1.8.



Para el problema 2.1.11.

2.1.10. Una barra de masa m yace sobre una tabla horizontal. Uno de los extremos de la tabla se levanta lentamente. Trácese la gráfica de la dependencia entre la fuerza de fricción, que actúa sobre la barra, y el ángulo de inclinación de la tabla α. El coeficiente de fricción entre la barra y la tabla es μ y la aceleración de la caída libre, g.

2.1.11. Un elevador de cinta está inclinado formando el ángulo α respecto al horizonte. El coeficiente de fricción entre el cajón y la cinta es μ. ¿Hasta qué aceleración de la cinta el cajón en movimiento no se deslizará por la cinta del elevador? La cinta del elevador no se encorva, $\mu > \operatorname{tg}\alpha$.

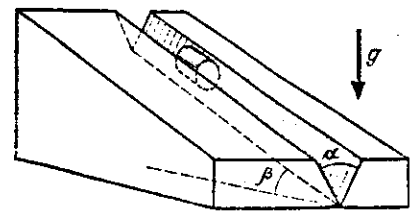
2.1.12. Una fuerza F actúa bajo el ángulo α al horizonte sobre cierto cuerpo de masa m. La fuerza está aplicada en el centro de masas y el coeficiente de fricción es igual a μ. Hállese la aceleración del cuerpo si éste no se desprende del plano.

2.1.13*. Por una pasarela de madera que forma con el horizonte el ángulo α, elevan un cajón arrastrándolo mediante una cuerda. El coeficiente de fricción del cajón con la pasarela es μ. ¿Bajo qué ángulo β respecto al horizonte es necesario dirigir la cuerda para poder arrastrar el cajón con el esfuerzo mínimo?

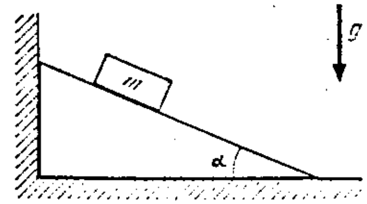
2.1.14. Determínese la aceleración de un cilindro que se desliza por una canaleta que tiene forma de un ángulo diedro con abertura α. La arista del ángulo diedro está inclinada bajo el ángulo β al horizonte. Los planos del ángulo diedro forman ángulos idénticos con el horizonte. El coeficiente de fricción entre el cilindro y la superficie de la canaleta es μ.

2.1.15. Determínese la fuerza que ejerce sobre la pared una cuña, al deslizarse de ella cierta carga de masa m. El ángulo de la

base de la cuña es α. El coeficiente de fricción entre la carga y la superficie de la cuña es μ. Despréciese la fricción entre la cuña y el suelo.



Para el problema 2.1.14.

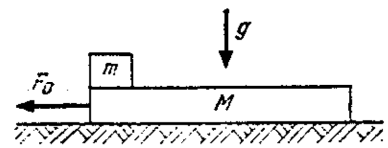


Para el problema 2.1.15.

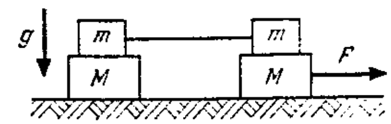
2.1.16. En una tabla de masa M, colocada sobre cierto plano horizontal liso, yace un cuerpo de masa m. El coeficiente de fricción entre el cuerpo y la tabla es μ.

a) ¿Qué fuerza es necesario aplicar a la tabla para que el cuerpo se deslice de ella? ¿Durante qué tiempo el cuerpo se deslizará, si sobre la tabla ejerce una fuerza F_0 y la longitud de la tabla es l?

b) ¿Con qué aceleraciones se moverán los cuerpos si la fuerza F_0 se aplica al cuerpo de masa m?



Para el problema 2.1.16a.

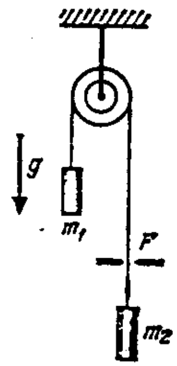


Para el problema 2.1.17.

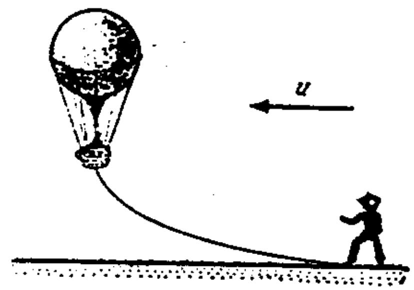
2.1.17. En una mesa horizontal lisa se encuentra el sistema de cargas mostrado en la figura. El coeficiente de fricción entre las cargas M y m es igual a μ. La carga inferior derecha se arrastra a lo largo de la mesa con la fuerza F, como se indica en la figura. Hállense las aceleraciones para todas las cargas del sistema.

2.1.18. Un hilo imponderable descansa sobre una polea con el eje inmóvil y pasa a través de una rendija. Durante el movimiento del hilo, por parte de la rendija actúa sobre el mismo una fuerza de fricción constante F. En los cabos del hilo se suspenden dos cargas, cuyas masas son m_1 y m_2. Determínense las aceleraciones de las cargas.

2.1.19*. La masa de un globo junto con el cable que se arrastra por la tierra, es igual a M, el empuje es F y el coeficiente de fricción entre la cuerda y la tierra es μ. La fuerza de resistencia del aire, que actúa sobre el globo, es proporcional a la velocidad del globo v con respecto al aire: $F_{res} = \alpha v$. Hállese la velocidad del globo con relación a la tierra si sopla un viento horizontal a la velocidad u.



Para el problema 2.1.18.



Para el problema 2.1.19*.

2.1.20. La fuerza de fricción de las gotas de lluvia con el aire es proporcional al cuadrado de la velocidad y al cuadrado del radio: $F = \alpha R^2 v^2$. ¿Cuáles de las gotas, las gruesas o las finas, caerán sobre la tierra con mayor velocidad?

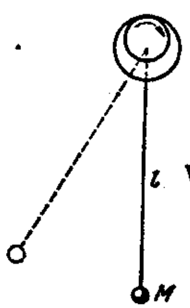
2.1.21*. Al modelo de una nave, cuya masa es 0,5 kg, le comunicaron la velocidad de 10 m/s. Durante el ulterior movimiento del modelo, sobre éste actúa la fuerza de resistencia proporcional a la velocidad: $F = kv$ ($k = 0{,}5$ kg/s).

a) Hállese el camino recorrido por el modelo en el transcurso del tiempo al cabo del cual su velocidad disminuyó hasta la mitad.

b) Hállese el camino que recorrió el modelo hasta pararse.

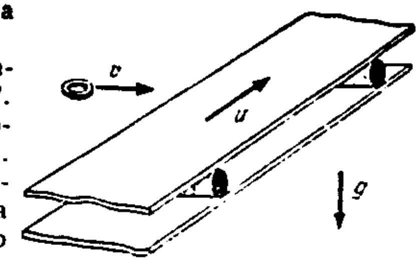
2.1.22*. Explíquese por qué suena la cuerda del violín al frotarla uniformemente con el arco. Téngase en cuenta la dependencia entre el coeficiente de fricción y la velocidad relativa de las superficies.

2.1.23. Un péndulo representa una ligera varilla de longitud l con una carga en el extremo. Al otro extremo se sujeta un casquillo cilíndrico ligero con radio interno R, insertado en un eje horizontal que gira. El coeficiente de fricción entre el casquillo y el eje es μ. Determínese el ángulo de desviación de la varilla respecto a la vertical en equilibrio.



Para el problema 2.1.23.

2.1.24. La cinta del transportador se mueve a la velocidad u. Sobre la cinta cae una arandela, cuya velocidad inicial v es perpendicular al límite lateral de la cinta. Hállese la anchura mínima de la cinta, que corresponda al caso en que la arandela alcanza el otro lado. El coeficiente de fricción entre la arandela y la cinta es μ, la cinta está dispuesta horizontalmente.

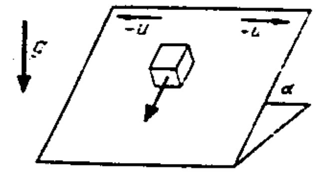


Para el problema 2.1.24.

2.1.25*. Un anillo está montado sobre un cilindro de radio R. El primero puede desplazarse solamente a lo largo del cilindro. Determínese la velocidad estacionaria del anillo bajo la acción de la fuerza F, aplicada al anillo a lo largo del cilindro, si este último gira con una velocidad angular ω. La fuerza de fricción máxima del anillo con el cilindro $F_0 > F$.

2.1.26*. Determínese la velocidad estacionaria del movimiento de un cuerpo, colocado sobre un plano inclinado, si este último varía con mucha frecuencia la velocidad de $-u$ a $+u$. El coeficiente de fricción $\mu > \operatorname{tg} \alpha$; el plano está inclinado bajo el ángulo α al horizonte.

Para el problema 2.1.25*



Para el problema 2.1.26*.

2.1.27*. En un plano inclinado, para el cual $\operatorname{tg} \alpha = \mu$, yace una moneda. A ésta le comunicaron una velocidad v en dirección perpendicular a la pendiente. Hállese la velocidad estacionaria de la moneda.

2.1.28*. En el tejado con ángulo de inclinación φ yace una hoja de plomo. El coeficiente de fricción del plomo con el tejado $\mu > \operatorname{tg}\varphi$. El coeficiente de dilatación lineal del plomo es α. La longitud de la hoja a temperatura mínima t_1 es igual a l. Considerando que la temperatura durante el día sube, alcanzando el valor máximo t_2 y luego baja de nuevo hasta t_1, hállese el punto inmóvil, tanto para el caso en que la hoja se calienta, como para el que se enfría. ¿A qué distancia se desplazará la hoja durante N días, siendo el tiempo estable?

2.1.29*. ¿Dentro de cuántas revoluciones la velocidad de un cuerpo que se mueve en el seno de cierta cavidad esférica, disminuirá e veces? El coeficiente de fricción entre la superficie y el cuerpo