

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Областен кръг на олимпиадата по физика, 18 февруари 2024 г.

Тема за V състезателна група (учебно съдържание за 11. клас)

Във всички задачи може да приемете, че земното ускорение е известно и има стойност $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

При решение на задачите, ако не разполагате с подходящ калкулатор, може да използвате таблицата на тригонометричните функции, дадена на трета страница.

Задача 1. Скок като на кино

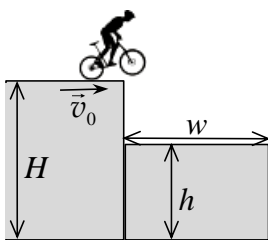
В екшън-филм главният герой скача с велосипед от хоризонталния покрив на сграда с височина $H = 5,0 \text{ m}$ и прелита над контейнер с широчина $w = 4,5 \text{ m}$ и височина $h = 3,0 \text{ m}$, допиращ се до стената на сградата. Скоростта \vec{v}_0 на велосипеда в момента на скока е хоризонтална. Разглеждайте системата от велосипеда и велосипедиста като материална точка.

а) При каква минимална големина v_0 на началната скорост велосипедът може да прелети над контейнера, без да се удари в него? [4,0 т]

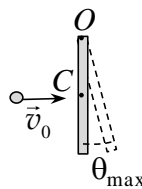
Ако велосипедистът скочи с минималната възможна начална скорост, определете:

б) разстоянието L от контейнера, на което се приземява велосипедът; [2,0 т]

в) ъгъла α , който сключва с хоризонта векторът \vec{v} на скоростта на велосипеда в момента на приземяването. Изразете отговора с точност до цяло число градуси. [4,0 т]



Фиг. 1



Фиг. 2

Задача 2. Балистично махало

Балистичното махало, показано на фиг. 2, е прост уред, с чиято помощ може да се определи скоростта на куршум или друг бързодвижещ се обект. Състои се от еднородна дъска с маса $M = 10,0 \text{ kg}$ и дължина $\ell = 0,500 \text{ m}$, която може да се люлее без триене около хоризонталната ос O (перпендикулярна на чертежа)*. Първоначално дъската е вертикална и неподвижна. После, куршум с маса $m = 0,010 \text{ kg}$ е изстрелян хоризонтално с

неизвестна начална скорост v_0 към центъра C на дъската и остава в нея. Дъската започва да се люлее, като се отклонява на максимален ъгъл $\theta_{\max} = 15^\circ$ спрямо вертикалата.

а) Кой/кой от следните закони за запазване са/е в сила по време на удара между куршума и дъската: (1) закон за запазване на механичната енергия; (2) закон за запазване на импулса; (3) закон за запазване на момента на импулса? Обосновайте накратко отговора си. [1,5 т]

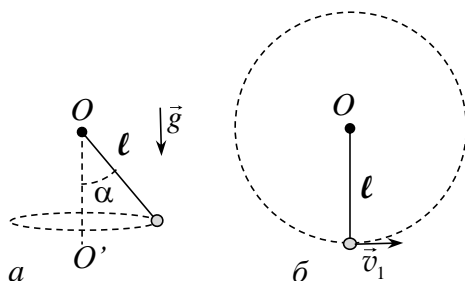
б) Получете израз за ъгловата скорост ω на дъската непосредствено след удара с куршума като функция на M, ℓ, m и v_0 . [3,5 т]

в) Получете израз и пресметнете началната v_0 скорост на куршума. [5,0 т]

*Упътване. Инерчният момент на еднородна пръчка или дъска с маса M и дължина ℓ спрямо ос, минаваща през единия ѝ край, е: $I = M\ell^2/3$.

Задача 3. Кръгови траектории

Малко топче (материална точка) с маса m е окачено на лека и неразтеглива нишка с дължина ℓ , закрепена неподвижно в точка O . Земното ускорение g се приема за дадено. В тази задача ще изследвате два различни вида движение на топчето.



Фиг. 3

а) Топчето е отклонено така, че нишката сключва ъгъл α с вертикалата, както е показано на фиг. 3, а.

- Направете чертеж, на който да изобразите силите, действащи на топчето. [1,0 т]
- Каква начална скорост v_0 трябва да бъде придадена на топчето в хоризонтално направление, перпендикулярно на чертежа, така че то да започне да обикаля по окръжност около вертикалната ос OO' , минаваща през точката на окачване (вж. фиг. 3, а)? [3,5 т]
- Колко ще бъде при това периодът T на обикаляне по окръжността? [1,0 т]

б) Махалото е поставено така, че топчето е в равновесие, т.е. вертикално под точката на окачване (фиг. 3, б). Колко е минималната начална скорост v_1 , която трябва да бъде придадена на топчето, за да опише вертикална окръжност около т. O ? [4,5 т]

Таблица. Тригонометрични функции на ъгли от 0 до 90°

α (°)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	α (°)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	α (°)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
0	0.0000	1.0000	0.0000	30	0.5000	0.8660	0.5774	60	0.8660	0.5000	1.7321
1	0.0175	0.9998	0.0175	31	0.5150	0.8572	0.6009	61	0.8746	0.4848	1.8040
2	0.0349	0.9994	0.0349	32	0.5299	0.8480	0.6249	62	0.8829	0.4695	1.8807
3	0.0523	0.9986	0.0524	33	0.5446	0.8387	0.6494	63	0.8910	0.4540	1.9626
4	0.0698	0.9976	0.0699	34	0.5592	0.8290	0.6745	64	0.8988	0.4384	2.0503
5	0.0872	0.9962	0.0875	35	0.5736	0.8192	0.7002	65	0.9063	0.4226	2.1445
6	0.1045	0.9945	0.1051	36	0.5878	0.8090	0.7265	66	0.9135	0.4067	2.2460
7	0.1219	0.9925	0.1228	37	0.6018	0.7986	0.7536	67	0.9205	0.3907	2.3559
8	0.1392	0.9903	0.1405	38	0.6157	0.7880	0.7813	68	0.9272	0.3746	2.4751
9	0.1564	0.9877	0.1584	39	0.6293	0.7771	0.8098	69	0.9336	0.3584	2.6051
10	0.1736	0.9848	0.1763	40	0.6428	0.7660	0.8391	70	0.9397	0.3420	2.7475
11	0.1908	0.9816	0.1944	41	0.6561	0.7547	0.8693	71	0.9455	0.3256	2.9042
12	0.2079	0.9781	0.2126	42	0.6691	0.7431	0.9004	72	0.9511	0.3090	3.0777
13	0.2250	0.9744	0.2309	43	0.6820	0.7314	0.9325	73	0.9563	0.2924	3.2709
14	0.2419	0.9703	0.2493	44	0.6947	0.7193	0.9657	74	0.9613	0.2756	3.4874
15	0.2588	0.9659	0.2679	45	0.7071	0.7071	1.0000	75	0.9659	0.2588	3.7321
16	0.2756	0.9613	0.2867	46	0.7193	0.6947	1.0355	76	0.9703	0.2419	4.0108
17	0.2924	0.9563	0.3057	47	0.7314	0.6820	1.0724	77	0.9744	0.2250	4.3315
18	0.3090	0.9511	0.3249	48	0.7431	0.6691	1.1106	78	0.9781	0.2079	4.7046
19	0.3256	0.9455	0.3443	49	0.7547	0.6561	1.1504	79	0.9816	0.1908	5.1446
20	0.3420	0.9397	0.3640	50	0.7660	0.6428	1.1918	80	0.9848	0.1736	5.6713
21	0.3584	0.9336	0.3839	51	0.7771	0.6293	1.2349	81	0.9877	0.1564	6.3138
22	0.3746	0.9272	0.4040	52	0.7880	0.6157	1.2799	82	0.9903	0.1392	7.1154
23	0.3907	0.9205	0.4245	53	0.7986	0.6018	1.3270	83	0.9925	0.1219	8.1443
24	0.4067	0.9135	0.4452	54	0.8090	0.5878	1.3764	84	0.9945	0.1045	9.5144
25	0.4226	0.9063	0.4663	55	0.8192	0.5736	1.4281	85	0.9962	0.0872	11.4301
26	0.4384	0.8988	0.4877	56	0.8290	0.5592	1.4826	86	0.9976	0.0698	14.3007
27	0.4540	0.8910	0.5095	57	0.8387	0.5446	1.5399	87	0.9986	0.0523	19.0811
28	0.4695	0.8829	0.5317	58	0.8480	0.5299	1.6003	88	0.9994	0.0349	28.6363
29	0.4848	0.8746	0.5543	59	0.8572	0.5150	1.6643	89	0.9998	0.0175	57.2900
30	0.5000	0.8660	0.5774	60	0.8660	0.5000	1.7321	90	1.0000	0.0000	