Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прикладной и теоретической физики

Паспорт экзамена

по дисциплине «Аналитическая механика», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и задачи и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-12;
- второй вопрос из диапазона вопросов 13-23;

третий вопрос – задача (примеры задач приведены в п.5).

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На экзамене преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № _____
к экзамену по дисциплине «Аналитическая механика»

---

1. Число степеней свободы. Связи, их типы и обобщенные координаты. Простейшие задачи на подсчет числа степеней свободы.
2. Вывод формулы Резерфорда для дифференциального сечения рассеяния частиц, взаимодействующих посредством кулоновских сил.
3. Задача. Вычислить фундаментальные скобки Пуассона: $\{q_i, q_j\}$, $\{p_i, p_j\}$, $\{q_i, p_j\}$, $\{M_i, x_j\}$, $\{M_i, p_j\}$, $\{M_i, M_j\}$.

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных

процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 35 до 40 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов, не допускает существенных ошибок при решении задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 34 до 27 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 26 до 20 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 20 баллов.*

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Аналитическая механика»

1. Число степеней свободы. Связи, их типы и обобщенные координаты. Простейшие задачи на подсчет числа степеней свободы.

2. Уравнение Эйлера, как необходимое условие экстремума функционала. Простейшие задачи на вариационное исчисление.

3. Принцип наименьшего действия Гамильтона и уравнения Лагранжа. Что такое ковариантность уравнений Лагранжа? Простейшие задачи на отыскание функции Лагранжа различных физических систем и выписывание уравнений Лагранжа.

4. Аддитивность функции Лагранжа, неоднозначность в ее задании. Обобщенные импульсы и циклические координаты. Простейшие задачи на вычисление обобщенных импульсов и отыскание циклических координат.

5. Преобразование симметрии и интегралы движения. Теорема Эмми Нетер. Простейшие задачи на отыскание интегралов движения с помощью теоремы Э. Нетер.

6. Качественный анализ одномерных движений. Финитные и инфинитные движения. Задачи на анализ одномерных движений в различных потенциальных силовых полях.

7. Методы подобия и размерности, задачи на их применения.

8. Фазовые портреты динамических систем. Простейшие задачи на построение фазовых портретов различных систем.

9. Постановка задачи двух тел, взаимодействующих посредством центральных сил. Разделение движения центра масс и относительного движения. Задачи на описание относительного движения.

10. Задача Кеплера. Получение уравнений орбит в задаче Кеплера. Простейшие применения законов Кеплера и уравнений орбит для анализа движения космических тел.

11. Рассеяние частиц в центральном поле. Сечения рассеяния частиц: дифференциальное, полное. Задачи на вычисление сечений рассеяния.

12. Вывод формулы Резерфорда для дифференциального сечения рассеяния частиц, взаимодействующих посредством кулоновских сил.

13. Сечения захвата. Задачи на вычисление сечений захвата.

14. Принцип наименьшего действия и уравнения Лагранжа для нерелятивистской заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле.

15. Линейные многомерные колебания. Нормальные колебания, свойства ортогональности для векторов нормальных колебаний. Простые задачи

на описание нормальных колебаний систем с несколькими степенями свободы.

16. Нормальные колебания цепочек из одинаковых атомов и атомов двух типов. Составление уравнений, определение законов дисперсий. Переход к континуальному приделу.

17. Кинетическая энергия и момент импульса абсолютно твердого тела. Тензор инерции и его свойства. Задачи на подсчет тензора инерции различных тел.

18. Уравнения движения твердого тела. Уравнения Эйлера для описания движения твердого тела.

19. Анализ движения симметричного волчка, свободного и с закрепленной точкой, помещенного в однородное поле тяжести Земли. Простые задачи на анализ движения симметричного волчка.

20. Вывод канонических уравнений Гамильтона. Задачи на получение уравнений Гамильтона для простейших систем.

21. Обобщенная энергия механической (динамической) системы, ее структура.

22. Уравнения Гамильтона для заряженной частицы в электромагнитном поле.

23. Скобки Пуассона и интегралы движения. Задачи на вычисление скобок Пуассона и интегралов движения.

5. Примеры задач к экзамену по дисциплине «Аналитическая механика»

1. Найти кривую в вертикальной плоскости, двигаясь по которой под действием силы тяжести материальная точка перейдет из одной данной точки в другую в кратчайшее время.
2. Найти интегралы движения для частицы, движущейся:

а) в однородном поле $U(\vec{r}) = -\vec{F} \cdot \vec{r}$;

б) в поле $U(\vec{r})$, где $U(\vec{r})$ – однородная функция: $U(\alpha \vec{r}) = \alpha^n U(\vec{r})$ (уточнить, при каком n преобразование подобия не меняет вид действия).

3. Найти закон движения материальной точки в центральном силовом поле с потенциалом:

а) $U(r)=\dfrac{k\,r^2}{2}$; б) $U(\vec{r})=\dfrac{\alpha}{r^2}$; в) $U(\vec{r})=-\dfrac{\alpha}{r^2}$.

4. Определить эффективное сечение рассеяния частиц от абсолютно твердого шарика радиусом a.

$$U(r)=\begin{cases}\infty, & r\le a,\\ 0, & r>a.\end{cases}$$

5. Рассчитать тензор инерции двух материальных точек массами m_1 и m_2, находящихся на расстоянии d, относительно осей, проходящих через их центр инерции.

6. Найти нормальные колебания трех одинаковых частиц, связанных одинаковыми пружинками и могущих двигаться по кольцу. Определить нормальные координаты, приводящие функцию Лагранжа к сумме квадратов.

7. Частица массой m движется в центральном поле с потенциальной энергией $U(r)$. Записать лагранжиан в сферических координатах, вычислить импульсы $\left(p_r,\ p_\theta,\ p_\varphi\right)$, сопряженные координатам (r,θ,φ), определить гамильтониан $\mathrm{H}\left(r,\theta,\varphi,\ p_r,\ p_\theta,\ p_\varphi\right)$ и записать уравнения Гамильтона.

8. Для нерелятивистской заряженной частицы в электромагнитном поле, описываемой лагранжианом $L=\dfrac{mv^2}{2}+q\vec{A}\cdot\vec{v}-q\,\varphi$, получить гамильтониан и выписать уравнения Гамильтона.

9. Вычислить фундаментальные скобки Пуассона: $\{q_i,q_j\}$, $\{p_i,p_j\}$, $\{q_i,p_j\}$, $\{M_i,x_j\}$, $\{M_i,p_j\}$, $\{M_i,M_j\}$.

10. Найти траекторию и закон движения частицы в поле $U(\vec{r})$ с помощью уравнения Гамильтона–Якоби для полей вида:

а) $U(\vec{r})=-F\,x$;

б) $U(\vec{r})=\dfrac{m\omega_1^2\,x^2}{2}$.